



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN GESTIÓN ESTRATÉGICA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

MODELO DE REFERENCIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ARQUITECTURA DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y SU APLICACIÓN EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

Tesis previa a la obtención del título de
Magister en Gestión Estratégica de
Tecnologías de la Información

Autor:

Ing. Jorge Stalin Calderón Bustamante
C.I. 1103917397

Director:

Msc. Armando Augusto Cabrera Silva
C.I. 1102725213

CUENCA – ECUADOR

2017

Resumen

Las Instituciones de Educación Superior (IES) soportan los procesos definidos en su cadena de valor en la tecnología y particularmente en los Sistemas de Información (SI), razón por la cual es fundamental contar con una arquitectura flexible de aplicaciones que apoyen de forma eficiente su modelo operativo.

El objetivo principal del proyecto fue el generar un modelo de referencia basado en **TOGAF** para consolidar la arquitectura de los SI mediante el uso de las tecnologías disruptivas de acuerdo con el modelo SMACIT (social, móvil, analítica, nube e internet de las cosas).

Para lograr los objetivos propuestos, se utilizó el método de estudio de caso, identificando cuatro fases para su implementación: iniciación, diseño, construcción y aplicación del modelo. Con el fin de verificar la factibilidad del proyecto se realizó una revisión sistemática de la literatura (SLR) haciendo uso de las bases de datos científicas indexadas.

En cuanto al desarrollo del modelo, se tomó como referencia el Método de Desarrollo Arquitectónico de TOGAF (ADM), específicamente tres de sus fases: Preliminar, Visión arquitectónica y Arquitectura de los SI. Por cada una de ellas, se identificó los entregables y artefactos necesarios para la definición del modelo arquitectónico de las aplicaciones.

Para validar el modelo propuesto, se lo aplicó como un caso de estudio a la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), seleccionando dentro de los procesos misionales de su cadena de valor, el macro proceso de Admisión y Matrícula para la ejecución de cada una de las fases y generación de los entregables definidos.

Palabras clave: Sistemas de Información, Instituciones de Educación Superior, Arquitectura de Aplicaciones, tecnologías disruptivas, método de desarrollo arquitectónico.

Abstract

Higher Education Institutions (HEI) support the processes defined in its value chain in the technology and particularly in the Information Systems (IS), reason for which it is fundamental to have a flexible architecture of applications that efficiently support its operating model. For this reason, the thesis project was designed to propose a reference model that allows the IES to establish its technological platform in terms of applications, based on guidelines, standards and best practices of the industry.

The main objective of the project was to generate a reference model based on TOGAF to consolidate the IS architecture by using disruptive technologies according to the SMACIT model (social, mobile, analytical, cloud and internet of things).

To achieve the proposed objectives, the case study method was used to identify four phases for its implementation: initiation, design, construction and application of the model. In order to verify the feasibility of the project, a systematic review of the literature (SLR) was carried out using the indexed scientific databases.

Regarding the development of the model, the TOGAF Architectural Development Method (ADM) was taken as reference, specifically three phases: Preliminary, Architectural View and SI Architecture. For each of them, the main activities to be performed were identified, as well as the works and artifacts necessary to define the architectural model of the applications.

To validate the proposed model, it was applied like a case of study to *Universidad Técnica Particular de Loja* (UTPL), for which it was selected inside the processes misionales of its value chain, the macro process of Admission and Registration for the execution of each of the phases and deliverables defined.

Keywords: Information Systems, Higher Education Institutions, Applications Architecture, disruptive technologies, method of architectural development.



Índice de contenido

Resumen.....	2
Abstract.....	3
1. Planteamiento del problema.....	16
1.1 Problemática.....	16
1.2 Objetivos.....	18
1.2.1 Objetivo general.....	18
1.2.2 Objetivos específicos.....	18
1.3 Hipótesis.....	18
1.3.1 Hipótesis 1. Viabilidad del modelo.....	18
1.3.2 Hipótesis 2. Beneficios del modelo.....	19
1.3.3 Hipótesis 3. Riesgos de adopción.....	19
1.4 Método.....	19
1.4.1 Iniciación.....	20
1.4.2 Diseño del modelo.....	20
1.4.3 Construcción del modelo.....	20
1.4.4 Aplicación del modelo.....	21
2. Revisión sistemática de la literatura (SLR).....	22
2.1 Planificar la revisión.....	22
2.1.1 Examinar el objetivo y las preguntas de investigación.....	22
2.1.2 Estrategia de búsqueda.....	23
2.1.3 Criterios de inclusión y exclusión.....	24
2.1.4 Evaluación de calidad.....	25
2.1.5 Extracción de datos y estrategias de síntesis de datos.....	25
2.2 Realizar la revisión.....	26
2.2.1 Búsqueda de artículos.....	26
2.2.2 Selección de artículos.....	26
2.3 Reportar la revisión.....	28
2.3.1 Fuente de los datos.....	28
2.3.2 Estado de la citación.....	29
2.3.3 Vista temporal.....	30
2.4 Comunidades de investigación activas.....	31
2.5 Clasificación de los artículos primarios.....	32
2.5.1 Análisis individual de los artículos.....	32



2.5.1.1	P01. A new paradigm for the continuous alignment of business and IT: Combining enterprise architecture modelling and enterprise ontology	33
2.5.1.2	P02. ESaaS: A new software paradigm for supporting higher education in cloud environment.....	33
2.5.1.3	P03. Developing an intelligent cloud for higher education	34
2.5.1.4	P04. Modeling approach using goal modeling and enterprise architecture for business IT alignment.....	35
2.5.1.5	P05. Roadmap for the implementation of an enterprise architecture framework oriented to institutions of higher education in Ecuador.....	36
2.5.1.6	P06. IT governance in organizations facing decentralization-case study in higher education	37
2.5.1.7	P07. The architecture of Information Management System through cloud computing according to Thai Qualifications Framework for Higher Education	38
2.5.1.8	P08. Research on the Architecture of Education Cloud for Joint Training Programs in Higher Education Institutions.....	38
2.5.1.9	P09. Potential of information technology as a tool for improving innovation performance in higher education institutions	39
2.5.1.10	P10. Value creation drivers in SOA for research and innovation: A proposed framework for HEI context	40
2.6	Resumen general de la revisión.....	41
2.7	Hallazgos	43
3.	Marco teórico.....	44
3.1	Arquitectura de Aplicaciones	44
3.1.1	Definición de arquitectura de software.....	44
3.1.2	Componentes, conectores y relaciones	46
3.1.3	Descripción arquitectónica.....	48
3.1.4	Estilos arquitectónicos	51
3.1.5	Patrones arquitectónicos	57
3.1.6	Diseño de arquitecturas de software.....	59
3.2	Arquitectura Empresarial	64
3.2.1	Arquitectura de TI	66
3.2.2	Elementos de una Arquitectura Empresarial.....	67
3.2.3	Fases de madurez de la Arquitectura Empresarial	69
3.2.4	Modelo de Michael Porter	71
3.2.5	Integración de la arquitectura empresarial a la cadena de valor.....	72
3.2.6	Modelo conceptual de la cadena de valor y la arquitectura empresarial..	73
3.3	Marcos de referencia de Arquitectura Empresarial.....	75



3.3.1 Zachman	75
3.3.2 FEA.....	77
3.3.3 TOGAF	78
3.3.4 Gartner.....	80
3.3.5 Comparativa de marcos de referencia	81
3.4 Tecnologías disruptivas - Modelo SMACIT	82
3.4.1 Social	84
3.4.2 Movilidad.....	84
3.4.3 Analítica	85
3.4.4 Computación en la nube	86
3.4.5 Internet de las cosas.....	88
4. Marco de referencia TOGAF	90
4.1 ADM (Método de desarrollo arquitectónico).....	90
4.1.1 Fase Preliminar.....	92
4.1.2 Fase A. Visión de la arquitectura	93
4.1.3 Fase C. Arquitectura de Sistemas de Información.....	94
4.2 Guías y técnicas de ADM	95
4.2.1 Guías para adaptar ADM	96
4.2.2 Técnicas para el desarrollo arquitectónico.....	96
4.3 Marco de referencia de contenido arquitectónico	97
4.4 El continuum de empresa y herramientas.....	98
4.5 Modelos de referencia	100
4.5.1 Modelo de referencia técnico (TRM).....	100
4.5.2 Modelo de referencia de infraestructura de información integrado (III-RM)	101
4.6 Marco de referencia de capacidad arquitectónica.....	102
5. Modelo de referencia para la Arquitectura de Sistemas de Información de las IES	105
5.1 Visión general del modelo.....	106
5.2 Fase 1. Preliminar.....	108
5.2.1 Selección de modelos de referencia y herramientas	108
5.2.2 Definición del catálogo de principios arquitectónicos.....	109
5.2.3 Entregables.....	112
5.2.4 Caso de estudio	112
5.3 Fase 2. Visión de la Arquitectura de Aplicaciones	113
5.3.1 Identificación de los interesados y de requerimientos del negocio.	114



5.3.2	Definición del alcance	114
5.3.3	Desarrollo de la visión arquitectónica	115
5.3.4	Entregables.....	115
5.3.5	Caso de estudio	116
5.4	Fase 3. Arquitectura de Sistemas de Información	118
5.4.1	Definición de la Arquitectura de línea base (actual).....	118
5.4.2	Definición de Arquitectura futura.....	119
5.4.3	Análisis de brechas.....	126
5.4.4	Definición de la hoja de ruta	131
5.4.5	Entregables.....	132
5.4.6	Caso de estudio	132
5.5	Resultados de la aplicación del modelo.....	133
6.	Conclusiones y Recomendaciones.....	138
6.1	Conclusiones	138
6.2	Recomendaciones	140
7.	Bibliografía.....	142
8.	Anexos.....	146
	ANEXO 1. FASES DEL ADM TOGAF	147
	ANEXO 2: MARCO DE REFERENCIA DE CONTENIDO ARQUITECTÓNICO	155
	ANEXO 3. PRINCIPIOS ARQUITECTÓNICOS DE APLICACIONES	159
	ANEXO 4. VISIÓN ARQUITECTÓNICA	168
	ANEXO 5. DOCUMENTO DE ARQUITECTURA DE APLICACIONES: ESTADO ACTUAL	178
	ANEXO 6. DOCUMENTO DE ARQUITECTURA DE APLICACIONES: ESTADO FUTURO.....	199
	ANEXO 7. DOCUMENTO DE ARQUITECTURA DE APLICACIONES: HOJA DE RUTA	215
	ANEXO 8. CATÁLOGOS: ARQUITECTURA DE APLICACIONES	222
	ANEXO 9. DIAGRAMAS: ARQUITECTURA DE APLICACIONES	228
	ANEXO 10. MATRICES: ARQUITECTURA DE APLICACIONES	238



Índice de tablas

Tabla 1. Base de datos de consulta	23
Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión.....	24
Tabla 3. Criterios para la extracción de datos	26
Tabla 4. Selección de artículos	28
Tabla 5. Distribución de artículos por fuentes de publicación	28
Tabla 6. Número de citas por artículo primario.....	29
Tabla 7. Resumen de citas en artículos primarios.....	30
Tabla 8. Comunidades de investigación activas.....	31
Tabla 9. Listado de artículos seleccionados.....	32
Tabla 10. Resumen de artículos seleccionados	41
Tabla 11. Distribución y alineación de artículos.....	42
Tabla 12. Clasificación de conectores.....	47
Tabla 13. Descripción del modelo “vistas 4+1”.....	51
Tabla 14. Estilos arquitectónicos.....	52
Tabla 15. Clasificación de estilos arquitectónicos.	53
Tabla 16. Estructura de la arquitectura empresarial.	65
Tabla 17. Clasificación de estilos arquitectónicos.	79
Tabla 18. Evaluación de marcos de trabajo de Arquitectura Empresarial.....	82
Tabla 19. Fase Preliminar de ADM	92
Tabla 20. Fase A. Visión de la Arquitectura	93
Tabla 21. Fase C. Arquitectura de Datos.	94
Tabla 22. Fase C. Arquitectura de Aplicaciones.....	95
Tabla 23. Guías para adaptar ADM.....	96
Tabla 24. Técnicas ADM.....	96
Tabla 25. Clasificación del contenido arquitectónico	97
Tabla 26. Elementos del Continuum Empresarial.....	99
Tabla 27. Elementos del TRM.....	101
Tabla 28. Estructura de la arquitectura empresarial.	104
Tabla 29. Fases del Modelo de Arquitectura de Sistemas de Información.	106
Tabla 30. Entregables por las fases del Modelo de Arquitectura de Sistemas de Información.	107
Tabla 31. Principios de la Arquitectura Orientada a Servicios.	111
Tabla 32. Descripción del modelo 4+1 vistas.	119
Tabla 33. Servicios de aplicación mapeados con sus componentes lógicos y físicos.....	122
Tabla 34. Análisis de brechas	128

Índice de figuras

Figura 1. Fases de implementación del proyecto	19
Figura 2. Proceso de búsqueda.	27
Figura 3. Vista temporal de artículos por año de publicación.....	31
Figura 4. Enfoque basado en modelos.	36
Figura 5. Modelo Integrado de IKM e Innovación.	40
Figura 6. Contexto de la descripción arquitectónica.	48
Figura 7. Modelo conceptual para la descripción arquitectónica.....	49
Figura 8. Descripción de la arquitectura de software con el modelo "4+1 vistas".....	50
Figura 9. Arquitectura orientada al dominio en N-Capas.	55
Figura 10. Relación Estilos, patrones arquitectónicos y patrones de diseño.....	58
Figura 11. Modelo ISO/IEC 25010.....	60
Figura 12. Proceso de diseño arquitectónico.....	64
Figura 13. Arquitectura Empresarial.	67
Figura 14. Diagrama central unificado. Arquitectura Empresarial.	68
Figura 15. Fases de madurez de la arquitectura empresarial.	71
Figura 16. Cadena de valor de Porter.	72
Figura 17. Conceptos clave de la cadena de valor y la arquitectura empresarial.....	74
Figura 18. Modelo de Zachman.....	76
Figura 19. Modelo FEA.	78
Figura 20. Método de desarrollo arquitectónico.....	80
Figura 21. Modelo de proceso de Gartner de Arquitectura Empresarial.	81
Figura 22. Beneficios del negocio con la movilidad.	85
Figura 23. Modelos de Cloud.	87
Figura 24. Diagrama conceptual. Computación en la nube.	88
Figura 25. ADM TOGAF.....	91
Figura 26. Relación entre entregables, artefactos y bloques de construcción	98
Figura 27. Continuum de empresa	99
Figura 28. Modelo de referencia técnico (TRM).....	100
Figura 29. Modelo de referencia de Infraestructura de Información Integrada (III-RM)	102
Figura 30. Madurez de la capacidad arquitectónica	103
Figura 31. Fases del modelo de Arquitectura de Sistemas de Información	107
Figura 32. Visión Arquitectónica de Aplicaciones	117
Figura 33. Servicios de Aplicación por dominio para las IES.....	121
Figura 34. Modelo de Referencia de la Arquitectura de Aplicaciones de la IES.....	125
Figura 35. Visión general de la Arquitectura de Aplicaciones	126



Figura 36. Hoja de ruta del plan de migración para la UTPL	132
Figura 37. Relación de comunicación entre aplicaciones de Admisión/Matrícula	134
Figura 38. Número de repetición de entidades en las aplicaciones	135

Abreviaturas utilizadas

IES.	Instituciones de Educación Superior
SI.	Sistemas de Información
TI.	Tecnologías de la Información
UTPL.	Universidad Técnica Particular de Loja
SLR.	Systematic Literature Review
ESaaS.	Educational Software as a Service
AE.	Arquitectura Empresarial
IKM.	Information and Knowledge Management
TIC.	Tecnologías de Información y Comunicación
SOA.	Service Oriented Architecture
SOEA.	Service Oriented Enterprise Architecture
MVC.	Model View Controller
ORM.	Object Relational Mapping
ERP.	Enterprise Resource Planning
ESB.	Enterprise Service Bus
CRM.	Customer Relationship Management
FEA.	Federal Enterprise Architecture
TOGAF.	The Open Group Architecture Framework
ADM.	Método de desarrollo arquitectónico
TRM.	Technical Reference Model
III-RM.	Integrated Information Infrastructure Reference Model
SIB.	Standards Information Base
SMACIT.	Social, Mobile, Analytics, Cloud e Internet of Things.
IaaS.	Infrastructure as a Services
PaaS.	Platform as a Service
SaaS.	Software as a Service
BPM.	Business Process Management
LMS.	Learning Management System
ECM.	Enterprise Content Management
BTM2.	Business Transformation Management Methodology



Universidad de Cuenca
Maestría en Gestión Estratégica de TI



Cláusula de derechos de autor

Yo, Jorge Stalin Calderón Bustamante, autor de la tesis "Modelo de Referencia para la implementación de la arquitectura de sistemas de información y su aplicación en la Universidad Técnica Particular de Loja", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Magister en Gestión Estratégica de Tecnologías de la Información. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 23 de mayo 2017

Jorge Stalin Calderón Bustamante

C.I: 1103917397



Universidad de Cuenca
Maestría en Gestión Estratégica de TI



Cláusula de propiedad intelectual

Yo, Jorge Stalin Calderón Bustamante, autor de la tesis "Modelo de Referencia para la implementación de la arquitectura de sistemas de información y su aplicación en la Universidad Técnica Particular de Loja", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 23 de mayo 2017

Jorge Stalin Calderón Bustamante

C.I: 1103917397

Ing. Jorge Stalin Calderón B.



DEDICATORIA

El presente trabajo de tesis lo dedico a Dios, por las fuerzas que me brindó para seguir adelante enseñándome el camino y la forma de superar las barreras que se presentaron durante el desarrollo del proyecto y lograr este nuevo reto profesional.

A mi esposa e hija que son el motor de mi vida para superarme cada día más.

A mi familia, especialmente a mis padres por su apoyo incondicional, sus consejos, sus enseñanzas, por inculcarme los valores éticos y morales para lograr mis objetivos siempre por el camino correcto.



AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi esposa por su apoyo incondicional en todos los momentos, ya que sin ella nada de esto hubiese sido posible.

A mis padres por su colaboración y sus palabras de aliento para culminar mi trabajo.

A mi director de tesis Msc. Armando Cabrera por su acertada dirección durante todo el desarrollo del proyecto, así como también a mi co-director de tesis Dr. Villie Morocho por su revisión durante el desarrollo del proyecto.

A la Universidad de Cuenca y en particular a los docentes y compañeros de la Maestría de Gestión Estratégica de Tecnologías de la Información, por impartir sus conocimientos, sus experiencias, que permitieron guiar por el camino correcto la culminación del presente trabajo.

1. Planteamiento del problema

1.1 Problemática

Los sistemas de información (SI) constituyen un pilar fundamental en todo tipo de instituciones ya que han llegado a posicionarse como el elemento principal para dar soporte al modelo de negocio, permitiendo la automatización de procesos, operaciones y sobre todo el apoyo a la toma de decisiones. Esto da como resultado una mejor gestión de la institución, así como también a la mejora continua de los servicios para el beneficio de sus clientes internos y externos.

En el contexto de las Instituciones de Educación Superior (IES) en el Ecuador, los SI se han convertido en un soporte primordial para brindar servicios de calidad en cada una de las etapas de su cadena de valor (procesos estratégicos, misionales y de apoyo), sin embargo, al no existir un alineamiento estratégico entre las iniciativas de TI con los objetivos del negocio, se incurre en grandes esfuerzos, generalmente aislados, por mantener la operación. Por esta razón las IES se han visto en la necesidad de desarrollar o adquirir software sin tener definida una estructura arquitectónica en donde se especifiquen lineamientos, estándares, modelos de referencia que permitan alinear la tecnología con la estrategia.

El crecimiento descontrolado de los activos tecnológicos (software e infraestructura), ha llevado a que los departamentos de tecnología se conviertan en áreas de soporte y apoyo operativo de las actividades diarias de la IES, dejando a un lado la oportunidad de brindar soluciones innovadoras alineadas a los objetivos estratégicos e institucionales, lo que da como resultado una desvinculación entre la tecnología y la estrategia del negocio. Esto ha originado que las soluciones informáticas respondan



a necesidades puntuales sin tener una visión integral de las metas, priorizando el soporte de la función operacional, lo que conlleva una serie de riesgos debido a que la falta de integración de tecnología con los objetivos estratégicos origina en el mediano plazo problemas como un bajo o inexistente retorno de inversión, el no poder mantener un nivel de competitividad en el mercado, gastos elevados en recursos de TI y la falta de una cultura organizacional que impide el compromiso e involucramiento de todos los departamentos para la consecución de objetivos comunes a nivel institucional.

Las IES generalmente apoyan sus procesos estratégicos, misionales y de soporte en SI desarrollados a la medida y otros adquiridos en el mercado, los cuales se integran a sus activos de TI sin un alineamiento estratégico y más bien con el objetivo de solventar una necesidad puntual del negocio. Esto ha originado que con el pasar de los años se presenten problemas relacionados con la continuidad del negocio y en general al desempeño de las IES como por ejemplo: tiempos considerables para atender a las necesidades cambiantes del negocio, adquisición de tecnología de forma descontrolada, elevados gastos en mantenimiento de software, recursos humanos, etc. Por esta razón, la gestión de todos los activos de TI que dan soporte a los procesos misionales o que aportan valor es bastante compleja, lo que ha generado la necesidad de implantar un nuevo modelo arquitectónico flexible y robusto para evidenciar con facilidad la trazabilidad de los procesos y los SI con el fin de alinear estratégicamente la tecnología con los objetivos de la IES.



1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Definir un modelo de referencia para la implementación de una Arquitectura de Sistemas de Información basado en el marco de trabajo TOGAF y su aplicación en la UTPL con el fin de apoyar estratégicamente los procesos clave del negocio.

1.2.2 Objetivos específicos

- Definir el modelo de referencia para la Arquitectura de Aplicaciones orientada a las tecnologías SMACIT (social, mobile, analytics, cloud, internet of things).
- Definir el modelo actual y deseado de la Arquitectura de Aplicaciones de la UTPL.
- Establecer lineamientos y principios arquitectónicos para el desarrollo, adquisición, interoperabilidad, mantenimiento y operación de las aplicaciones de la UTPL.
- Establecer una hoja de ruta basada en las brechas existentes entre el estado actual y deseado de la arquitectura de aplicaciones de la UTPL.

1.3 Hipótesis

1.3.1 Hipótesis 1. Viabilidad del modelo

El modelo de referencia de la Arquitectura de Sistemas de Información propuesto, podrá ser implementado en Instituciones de Educación Superior públicas o privadas del Ecuador, independientemente de si se usa software comercial o libre.

1.3.2 Hipótesis 2. Beneficios del modelo

El modelo de referencia habilitará el alineamiento estratégico de TI con los objetivos del negocio para la generación de valor y un mejor rendimiento de los sistemas de información en las Instituciones de Educación Superior en el Ecuador.

1.3.3 Hipótesis 3. Riesgos de adopción

La adopción del modelo de referencia no se verá afectado por la cultura organizacional de las Instituciones de Educación Superior en el Ecuador

1.4 Método

Para el desarrollo del modelo de referencia de la Arquitectura de SI en las IES se ha definido cuatro fases que se indican en la Figura 1. Para cada una de las fases se tiene un conjunto de actividades que se basan principalmente en los pasos del método de estudio de caso. De acuerdo con Cristina y Carazo (2006) los principales puntos o características del método son:

- Es apropiado para temas que se consideran prácticamente nuevos.
- Examina o indaga sobre un fenómeno contemporáneo en su entorno real.
- Las fronteras entre el fenómeno y su contexto no son claramente evidentes.
- Se utilizan múltiples fuentes de datos, y
- Puede estudiarse tanto un caso único como múltiples casos.

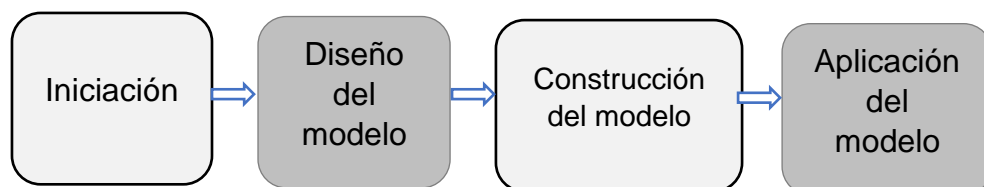


Figura 1. Fases de implementación del proyecto
Fuente: El autor



A continuación, se describe las actividades más relevantes de cada fase.

1.4.1 Iniciación

En esta fase se definirá las bases que sustenten el desarrollo del presente proyecto de tesis. Las actividades principales que se contemplan son:

- Planteamiento del problema
- Formulación de hipótesis
- Revisión de literatura

1.4.2 Diseño del modelo

En esta fase se definen alternativas de solución en base a una investigación de los modelos existentes para formular una arquitectura de SI. Las actividades principales son:

- Recolección de información
- Transcripción de los datos
- Estructurar y organizar la información
- Evaluación de alternativas de solución

1.4.3 Construcción del modelo

En la fase de construcción se elabora el modelo de referencia que será aplicado a cualquier IES. Principalmente se trabaja en las siguientes actividades:

- Definición y desarrollo del modelo de referencia
- Desarrollar procedimientos y artefactos para obtener el estado actual y deseado de los sistemas de información



- Desarrollar estrategias para establecer planes de migración

1.4.4 Aplicación del modelo

La fase final consiste en aplicar el modelo a una IES en el Ecuador. La institución seleccionada es la Universidad Técnica Particular de Loja.

2. Revisión sistemática de la literatura (SLR)

La revisión sistemática de la literatura es un método para comunicar conclusiones fiables sobre un área de investigación que recoge sistemáticamente evidencias de calidad (Kitchenham y Charters, 2007). Se debe tener en cuenta las siguientes etapas para llevar a cabo la SLR:

- Planificar la revisión
- Realizar la revisión
- Reportar la revisión.

2.1 Planificar la revisión

En esta fase se define los métodos y procedimientos que permiten la búsqueda de contribuciones y estudios que respondan a las preguntas de la investigación. Este protocolo permite especificar el contexto para llevar a cabo la revisión de los artículos científicos, formular las preguntas de investigación, definir la estrategia de búsqueda, así como también, establecer los criterios de selección, extracción y síntesis de la información.

2.1.1 Examinar el objetivo y las preguntas de investigación

En esta actividad se identifica los artículos donde se puedan extraer conocimientos acerca de la definición de arquitectura de sistemas de información en las IES. La pregunta que se ha identificado para llevar a cabo la revisión sistemática de la literatura es:

RQ1: ¿Existen modelos de referencia de sistemas de información para soportar el modelo de gestión de las Instituciones de Educación Superior?

2.1.2 Estrategia de búsqueda

La estrategia de búsqueda involucra la consulta de referencias en bases de datos científicas a través de una cadena de búsqueda personalizada, seguida de un manual para filtrar los resultados de la consulta usando criterios de inclusión y exclusión predefinidos.

En la Tabla 1 se presenta las referencias de las bases de datos científicas para llevar a cabo la SLR.

Tabla 1. Base de datos de consulta

Referencia	Base de datos	URL
IEEE	IEEE Xplore	http://www.ieee.org/web/publications/xplore/
SCO	Scopus	https://www.scopus.com/
ACM	ACM Digital Library	http://portal.acm.org
SPR	SpringerLink	http://link.springer.com/

Fuente: El autor

Las bases de datos especificadas en la Tabla 1 fueron seleccionadas tomando en cuenta que proporcionan los artículos de revistas y conferencias más relevantes y de mayor impacto sobre el campo de la arquitectura de SI.

Considerando que el objetivo principal de la tesis es el de formular un modelo de referencia de una arquitectura de SI para las IES, es fundamental usar elementos clave en la cadena de búsqueda que permitan obtener resultados relevantes, por esta razón se definió la siguiente cadena:

- ***enterprise architecture AND information systems architecture AND higher Education AND technical reference model***

Para la selección de los artículos científicos se ejecutó el siguiente proceso:

- Búsqueda de artículos en las bases de datos citadas en la Tabla 1, para esto se utilizó la cadena de búsqueda especificada en el párrafo anterior.
- Remover los artículos duplicados.
- Excluir los artículos en base a los criterios definidos.
- Excluir los artículos irrelevantes en base a la lectura y análisis de sus títulos y resúmenes, siempre que no cumplan con el objetivo de la tesis.
- Obtener los artículos primarios en base a la lectura completa de los mismos.

2.1.3 Criterios de inclusión y exclusión

Para la revisión sistemática de la literatura se ha considerado solamente artículos en inglés en revistas científicas con revisión de expertos y conferencias publicados desde el año 2010. Se han excluido los artículos que no se relacionan explícitamente con la pregunta de investigación formulada. Así mismo, se excluyó prefacios, editoriales, resúmenes de tutoriales, paneles y posters. En el caso de artículos duplicados se incluyó sólo la versión más completa del artículo y se excluyó a los demás que aparecen en conferencias y ponencias.

En la Tabla 2 se resume los criterios de inclusión y exclusión en la búsqueda de los artículos científicos.

Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Artículos en revisión por pares que provean respuestas a la pregunta de investigación	Artículos que no están en idioma inglés
Artículos que se enfocan en arquitectura de sistemas de información y arquitectura empresarial en Instituciones de Educación Superior	Artículos que no estén relacionados con la pregunta de investigación
	Artículos publicados en sitios web de compañías o tesis de estudiantes
	Artículos duplicados

Fuente: El autor

2.1.4 Evaluación de calidad

Para garantizar que los artículos científicos seleccionados provean resultados de valor, se ha seleccionado los siguientes criterios de calidad:

- El análisis de datos es riguroso y está basado en la evidencia o razonamiento teórico en lugar de declaraciones no justificadas.
- El artículo tiene una descripción del contexto en el que se desarrolla la investigación.
- Los objetivos del artículo tienen relación con las actividades planteadas en la SLR.
- El artículo tiene una descripción del método de investigación utilizado para la colección datos.

2.1.5 Extracción de datos y estrategias de síntesis de datos

El objetivo de esta etapa es el diseño de criterios de extracción de datos relevantes de los artículos analizados. Los datos de los artículos primarios se extraen y se almacenan de acuerdo a los criterios previamente diseñados. Las duplicaciones se deben evitar durante esta fase. El proceso de extracción y síntesis de datos fue ejecutado a través de la lectura de 10 artículos, la misma que fue gestionada a través de hojas electrónicas.

Con la finalidad de mantener información consistente, la extracción de los 10 artículos fue conducida por los criterios definidos en la Tabla 3.



Tabla 3. Criterios para la extracción de datos

Datos extraídos	Descripción
Identificación del artículo	Identificador único del artículo.
Referencias bibliográficas	Autor, año, título y fuente de publicación.
Tipo de artículo	Journal paper, conference paper.
Enfoque del artículo	Principal área, conceptos, motivación y objetivo del artículo.
Método de investigación y recolección de datos	Técnica incluida para el diseño del artículo.
Análisis de datos	Análisis de datos cualitativo o cuantitativo.
Contexto de aplicación	Descripción del contexto y aplicación el artículo: dominio académicos.

Fuente: El autor

2.2 Realizar la revisión

El objetivo de esta fase es ejecutar el protocolo de revisión sistemática previamente planificado, así como el de proporcionar información de los artículos seleccionados por su calidad y aporte para la SLR. El proceso para cumplir con esta fase consiste en lo siguiente:

2.2.1 Búsqueda de artículos

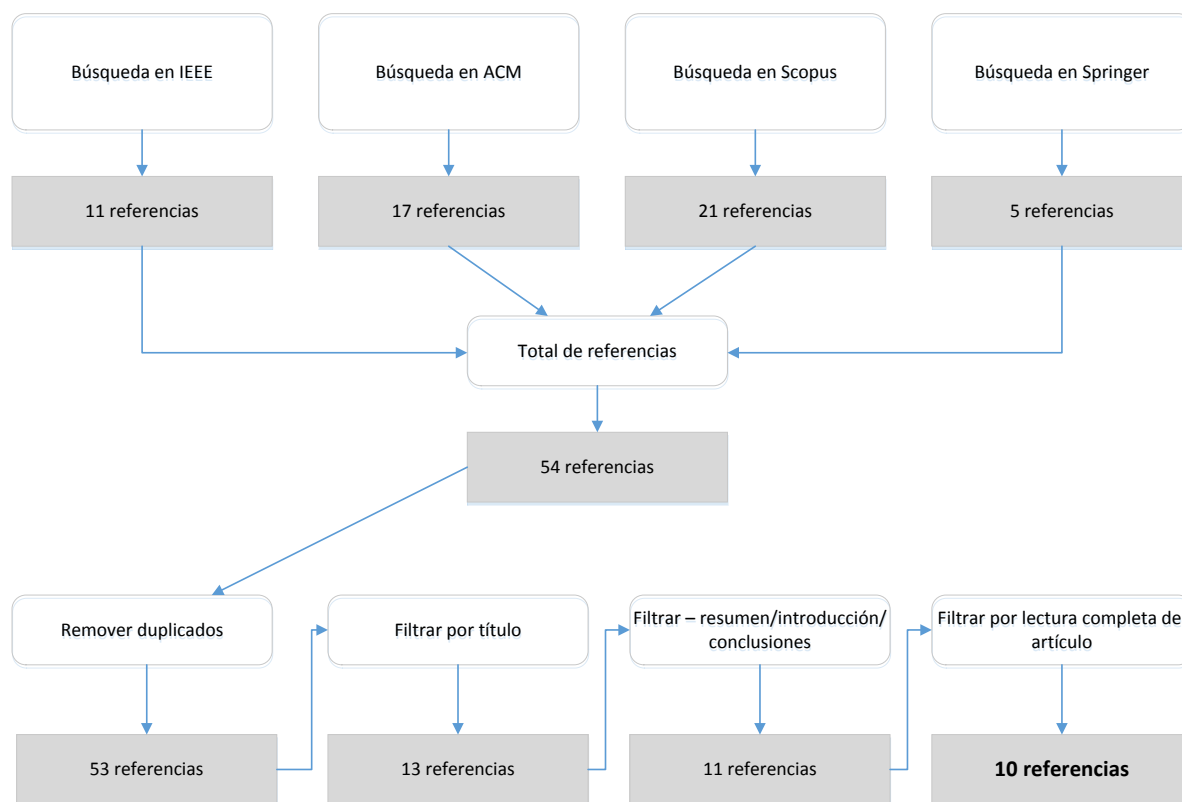
Resultado de la búsqueda de los artículos científicos se obtuvo un total de **54 artículos** de las bases de datos especificadas en la Tabla 1.

2.2.2 Selección de artículos

En la Figura 2 se esquematiza las fases para la selección de los artículos científicos. Se utilizó MENDELEY¹ como la herramienta para gestionar las referencias de los artículos. Luego del proceso de búsqueda en cada una de las bases de datos mediante la cadena especificada anteriormente, se obtuvo un total de 54 artículos

¹ <https://www.mendeley.com/>

científicos los cuales fueron clasificados y codificados en la herramienta para mejorar su gestión.



*Figura 2. Proceso de búsqueda.
Fuente: El autor*

De las 54 referencias encontradas y luego de eliminar los artículos duplicados, se procedió a filtrar por título aquellos que tenían relevancia con el objetivo de la tesis, de esta actividad se obtuvo 13 referencias. Una vez clasificados los artículos de acuerdo a la lectura del título, se procedió con la lectura del resumen (abstract), la introducción y conclusiones de cada uno de los 13 artículos. De este proceso resultaron 11 referencias de las cuales se procedió a la lectura completa de cada artículo, con la finalidad de seleccionar solo aquellos que aporten mayor valor a la pregunta de investigación formulada. Este proceso permitió evaluar sistemáticamente el argumento de mantener o remover un artículo, y evitar el sesgo de confiar en la impresión inicial acerca del mismo. En total y producto de este último paso se obtuvieron **10 referencias** de artículos científicos.

En la Tabla 4 se presenta un resumen con las estadísticas de los artículos en cada una de las bases de datos científicas utilizadas.

Tabla 4. Selección de artículos

Base de datos	Artículos obtenidos	Artículos incluidos		Artículos excluidos	
IEEE	11	4	(36,36%)	7	(63,64%)
ACM	17	1	(5,88%)	16	(94,12%)
SCOPUS	21	3	(14,29%)	18	(85,71%)
SPRINGER	5	2	(40,00%)	3	(60,00%)
Total	54	10		44	

Fuente: El autor

2.3 Reportar la revisión

Esta sección describe los artículos seleccionados resultado del proceso de búsqueda realizado con respecto a sus fuentes de publicación y estado de citación que se constituyen en indicadores de calidad e impacto. Se presenta también una vista temporal de las comunidades de investigación que están activas en el campo de la ingeniería de software.

2.3.1 Fuente de los datos

En la Tabla 5 se presenta un resumen de la distribución de los artículos seleccionados, basado en la fuente de publicación y el número de artículos de cada fuente.

Tabla 5. Distribución de artículos por fuentes de publicación

Tipo	Fuente de publicación	Cantidad
Journal Article	ACM SIGSOFT Software Engineering Notes	1
Conference Proceedings	Proceedings of the 2013 IEEE 17th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)	1
Conference Proceedings	2010 3rd International Conference on Computer Science and Information Technology	1
Conference Proceedings	2010 2nd International Conference on Software Technology and Engineering	1



Conference Proceedings	2013 International Conference on Research and Innovation in Information Systems (ICRIIS)	1
Conference Proceedings	2015 IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering, TALE 2015	1
Conference Proceedings	CEUR Workshop Proceedings	1
Conference Proceedings	2015 International Symposium on Educational Technology, ISET 2015	1
Journal Article	Computers in Industry	1
Conference Proceedings	Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)	1

Fuente: El autor

2.3.2 Estado de la citación

En la Tabla 6 se presenta un resumen del número de citas (referencias) por cada uno de los 10 artículos seleccionados. Estos datos fueron obtenidos desde Google Scholar² (Fuente Google Scholar último acceso 17/12/2016).

Tabla 6. Número de citas por artículo primario

Id	Referencias	Nro. Citas
P01	Hinkelmann, K., Gerber, A., Karagiannis, D., Thoenssen, B., van der Merwe, A., & Woitsch, R. (2016). A new paradigm for the continuous alignment of business and IT: combining enterprise architecture modelling and enterprise ontology. <i>Computers in Industry</i> , 79, 77-86.	5
P02	Masud, M. A. H., & Huang, X. (2013, June). ESaaS: A new software paradigm for supporting higher education in cloud environment. In <i>Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD), 2013 IEEE 17th International Conference on</i> (pp. 196-201). IEEE.	4
P03	Yadav, N., Khatri, S., & Singh, V. B. (2014). Developing an intelligent cloud for higher education. <i>ACM SIGSOFT Software Engineering Notes</i> , 39(1), 1-5.	3
P04	Doumi, K., Baïna, S., & Baïna, K. (2011, September). Modeling approach using goal modeling and enterprise architecture for business IT alignment. In <i>International Conference on Model and Data Engineering</i> (pp. 249-261). Springer Berlin Heidelberg.	2
P05	Carrillo, J., Cabrera, A., Román, C., Abad, M., & Jaramillo, D. (2010, October). Roadmap for the implementation of an enterprise architecture framework oriented to institutions of higher education in Ecuador. In <i>Software Technology and Engineering (ICSTE), 2010 2nd International Conference on</i> (Vol. 2, pp. V2-7). IEEE.	1
P06	Zdravkovic, J., Rychkova, I., & Speckert, T. (2014). IT Governance in Organizations Facing Decentralization-Case Study in Higher Education. In <i>CAiSE (Forum/Doctoral Consortium)</i> (pp. 129-136).	1
P07	Rodmunkong, T., Wannapiroon, P., & Nilsook, P. (2015, December). The architecture of Information Management System through cloud computing according to Thai Qualifications Framework for Higher Education. In <i>Teaching, Assessment, and</i>	0

² Google Scholar. {"<https://scholar.google.com.ec/>"}



	Learning for Engineering (TALE), 2015 IEEE International Conference on (pp. 181-188). IEEE.	
P08	Xiong, S., Xu, Y., & Shan, Q. (2015, July). Research on the Architecture of Education Cloud for Joint Training Programs in Higher Education Institutions. In 2015 International Symposium on Educational Technology (ISET) (pp. 40-44). IEEE.	0
P09	Yang, H., Yang, T., & Wen, T. (2010, July). Potential of information technology as a tool for improving innovation performance in higher education institutions. In Computer Science and Information Technology (ICCSIT), 2010 3rd IEEE International Conference on (Vol. 6, pp. 306-310). IEEE.	0
P10	Golooba, M., & Ahlan, A. R. (2013, November). Value creation drivers in SOA for research & innovation: A proposed framework for HEI context. In 2013, International Conference on Research and Innovation in Information Systems (ICRIIS) (pp. 354-359). IEEE.	0

Fuente: El autor

En la Tabla 7 se puede apreciar que el número de citas de los artículos seleccionados no son altos, lo cual es un indicador que permite evidenciar que no se ha realizado aún un trabajo importante en el campo de la Arquitectura de Sistemas de Información en las IES.

Tabla 7. Resumen de citas en artículos primarios

Citado por	<10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	>80
Nro. de	10	0	0	0	0	0	0	0	0
(Total 10)									

Fuente: El autor

2.3.3 Vista temporal

En la Figura 3 se presenta los artículos por año de publicación, en donde se puede apreciar que la línea de tendencia es irregular. Se puede observar que a partir del año 2010 decae la publicación de los artículos en base a la cadena de búsqueda especificada en la sección 2.1.2, a partir del 2013 y 2014 vuelve a incrementar el número de publicaciones y nuevamente decae en el 2015. En el presente año 2016 hasta la fecha de búsqueda (junio de 2016) existía una sola publicación, por lo que el rango de tiempo de los artículos identificados refleja una baja tasa de publicaciones, lo que justifica el desarrollo del tema de tesis planteado.

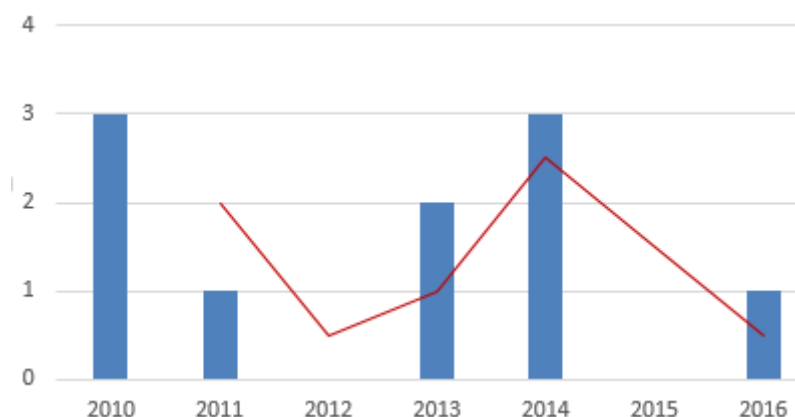


Figura 3. Vista temporal de artículos por año de publicación
Fuente: El autor

2.4 Comunidades de investigación activas

Las comunidades de investigación activas hacen referencia a las instituciones en donde se generaron los artículos seleccionados. En la Tabla 8 se presenta un resumen de las comunidades de investigación.

Tabla 8. Comunidades de investigación activas

Afiliaciones	Id.	Número de artículos
University of Pretoria, University of Applied Sciences and Arts Northwestern Switzerland, University of Vienna	P01	1
Charles Sturt University	P02	1
Singhania University, University of Delhi	P03	1
Souissi University	P04	1
Universidad Politécnica de Madrid, Universidad Técnica Particular de Loja	P05	1
Stockholm University, Université Paris 1 Panthéon – Sorbonne	P06	1
University of Technology North Bangkok	P07	1
Hubei University of Education Wuhan	P08	1
University Huludao	P09	1
International Islamic University	P10	1

Fuente: El autor

Como se puede apreciar en la Tabla 8, existen esfuerzos esporádicos en cuanto a la temática planteada de la tesis, lo que no permite tener un claro referente en cuanto a las comunidades de investigación activas.

2.5 Clasificación de los artículos primarios

En la Tabla 9 se presenta un listado de los 10 artículos seleccionados y por cada uno de ellos se realizó un análisis mediante la lectura completa para identificar los aspectos más relevantes que sirvan como sustento para la base o marco teórico del siguiente capítulo.

Tabla 9. Listado de artículos seleccionados

Id	Título	Año
P01	A new paradigm for the continuous alignment of business and IT: Combining enterprise architecture modelling and enterprise ontology	2016
P02	ESaaS: A new software paradigm for supporting higher education in cloud environment	2013
P03	Developing an intelligent cloud for higher education	2014
P04	Modeling approach using goal modeling and enterprise architecture for business IT alignment	2011
P05	Roadmap for the implementation of an enterprise architecture framework oriented to institutions of higher education in Ecuador	2010
P06	IT governance in organizations facing decentralization-case study in higher education	2014
P07	The architecture of Information Management System through cloud computing according to Thai Qualifications Framework for Higher Education	2016
P08	Research on the Architecture of Education Cloud for Joint Training Programs in Higher Education Institutions	2016
P09	Potential of information technology as a tool for improving innovation performance in higher education institutions	2010
P10	Value creation drivers in SOA for research & innovation: A proposed framework for HEI context	2013

Fuente: El autor

2.5.1 Análisis individual de los artículos

En esta sección se presenta un resumen de los 10 artículos seleccionados que incluye el enfoque utilizado por cada uno de los autores, así como también las técnicas y metodologías empleadas.

2.5.1.1 *P01. A new paradigm for the continuous alignment of business and IT: Combining enterprise architecture modelling and enterprise ontology*

Un nuevo modelo se plantea para la próxima generación de sistemas de información empresarial que permita un alineamiento continuo de TI con el negocio con el fin de conseguir la agilidad organizacional y responder a los requerimientos cambiantes de una forma efectiva y eficaz. Este enfoque consiste en un meta-modelo que soporte arquitecturas empresariales interpretadas por humanos y ontologías empresariales interpretadas por máquinas.

Para este modelo se requerirá de algunos años para que estén disponibles herramientas comerciales que permitan implementar este enfoque. De igual forma se requerirá que cada vez más profesionales como arquitectos de negocio y de TI empiecen a capacitarse y a experimentar en el modelado con este nuevo paradigma. Esto se convierte en un reto a largo plazo que permitirá que las IES obtengan el máximo beneficio al mejorar sus aplicaciones de negocio, orquestación de procesos, automatización de reglas e inteligencia de negocio, adaptándose continuamente al constante cambio del entorno a través de modelos semánticos interoperables (Hinkelmann et al., 2016).

2.5.1.2 *P02. ESaaS: A new software paradigm for supporting higher education in cloud environment*

La ESaaS corresponde a un modelo educativo a través del software como servicio, el cual provee una alternativa costo-beneficio al modelo de software tradicional. Una IES dependiendo de sus necesidades puede tener un modelo mixto de su plataforma de software, es decir on-premises y cloud.

El esquema de ESaaS permite brindar altas capacidades de cómputo para los sistemas de enseñanza-aprendizaje para beneficio de los estudiantes y docentes, además de brindar la posibilidad de acceder al software en cualquier momento, desde cualquier lugar y con cualquier dispositivo con conexión a internet. El objetivo del modelo ESaaS es mejorar la toma de decisiones a través de sistemas que permitan un análisis predictivo de los estudiantes e indicadores institucionales, así como mejorar la efectividad de la investigación y aliviar las restricciones o limitantes de tecnología presentes en un modelo on-premise.

De acuerdo a Masud y Huang (2013) los pasos principales para ir a un modelo ESaaS son:

- Determinar que aplicaciones deben ir a la nube (e-learning systems)
- Evaluar las capacidades internas de TI de la institución (integración con sistemas legados)
- Evaluar a los proveedores de SaaS (seguridad, disponibilidad, respaldos, soporte, confiabilidad)

2.5.1.3 *P03. Developing an intelligent cloud for higher education*

La computación en la nube en los últimos tiempos se ha convertido en un soporte fundamental de las IES para almacenar, compartir y controlar datos de una manera eficiente que apoyan las labores de enseñanza, proyectos de investigación y la optimización de recursos.

El modelo de nube (cloud) para las IES permite a los docentes, estudiantes y personal administrativo, compartir recursos como: registros académicos, notas, expedientes y en general el seguimiento y monitoreo continuo a través de mecanismos de control

de acceso que garanticen un nivel adecuado de seguridad y confiabilidad de la información. Con el modelo cloud se puede acceder a esquemas de e-learning, e-books, e-library desde cualquier lugar y cualquier dispositivo con conexión a internet.

Un modelo propuesto para maximizar los beneficios de las IES es una nube inteligente, que consiste en un esquema de nube con inteligencia artificial, en donde se dispone de máquinas de aprendizaje y algoritmos matemáticos avanzados para ofrecer funciones como reconocimiento de voz, reconocimiento facial, modelos predictivos en base a datos para el apoyo a la toma de decisiones. Con este esquema de nube inteligente se podrá conseguir que las IES disminuyan su presupuesto en TI y mejoren el sistema de educación con herramientas tecnológicas siempre actualizadas (Yadav, Khatri y Singh, 2014).

2.5.1.4 *P04. Modeling approach using goal modeling and enterprise architecture for business IT alignment*

Existe mucha información para el análisis y evaluación de la alineación de TI con las estrategias del negocio, sin embargo, muchas de ellas son muy teóricas y difíciles de aplicar a un nivel funcional. Por esta razón se plantea un modelo simple enfocado en una estrategia empresarial para lograr que los SI apoyen a la consecución de los objetivos de la institución.

Este artículo propone un enfoque basado en modelos para representar y evaluar la alineación de TI con el negocio utilizando elementos desde niveles estratégicos hasta niveles funcionales u operacionales. Por cada uno de estos elementos se determina las relaciones o enlaces y de esta forma se puede encontrar el grado de alineación entre cada uno de estos elementos, similitudes, redundancias o sistemas de

información totalmente aislados a los objetivos. En la Figura 4 se presenta este enfoque.

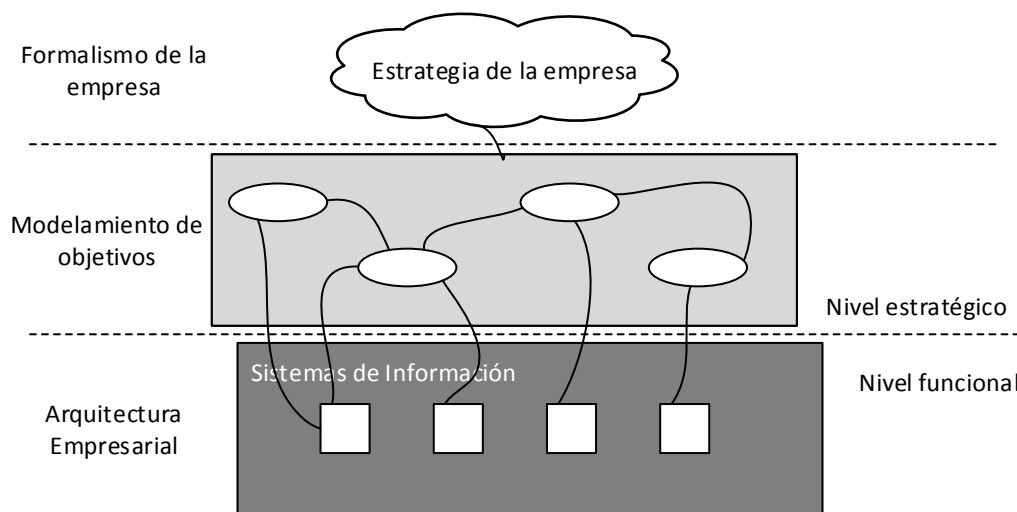


Figura 4. Enfoque basado en modelos.
Fuente: Adaptado de Doumi, Baïna y Baïna (2011)

2.5.1.5 P05. Roadmap for the implementation of an enterprise architecture framework oriented to institutions of higher education in Ecuador

En las IES en el Ecuador es necesario empezar a implementar modelos de gestión que permitan conseguir un alineamiento estratégico de TI con los objetivos de la organización, considerando la dinámica que se presenta en torno a la enseñanza, investigación y operatividad de este tipo de instituciones.

Un modelo que permite conseguir este objetivo es la Arquitectura Empresarial (AE), por lo que se han desarrollado algunos marcos de trabajo que permiten implementar la AE en las instituciones en general. Entre los principales marcos de trabajo de AE se puede mencionar los siguientes: TAFIM, FEAf, TOGAF, DoDAF 3, MODAF4, PEAf5, MAGENTA6, AGATE7, CIMOSA8, etc. La AE a implementar debe ser una personalización de uno o varios de los marcos de trabajo existentes teniendo muy en cuenta las particularidades de la institución y el entorno, para una correcta identificación, gestión y ejecución del portafolio de proyectos. De acuerdo a Carrillo,

Cabrera, Roman, Abad y Jaramillo (2010) los factores claves del éxito para la implementación de la AE son:

- Obtener soporte de las autoridades de la institución.
- Establecer una estructura de gestión y control.
- Definir y delimitar productos y actividades.
- Definir el proceso y el enfoque (as-is, to-be).
- Revisar marcos de trabajo de AE (Zachman, FEA, TOGAF, GARTNER, E2AF).
- Criterios de selección del framework de AE.
- Establecer planes de migración y un modelo de gobierno de la AE.

2.5.1.6 P06. IT governance in organizations facing decentralization-case study in higher education

Los marcos de trabajo de AE están enfocados principalmente a instituciones centralizadas en donde se mantiene estructuras verticales con procesos rígidos y formales para la toma de decisiones, cumplimiento de políticas, etc. El enfoque de este artículo es el de proporcionar principios adicionales que permitan adaptar los marcos de trabajo actuales de AE con el fin de lograr su aplicabilidad exitosa en instituciones descentralizadas (Zdravkovic, Rychkova y Speckert, 2014).

Dos principios arquitectónicos se plantean para lograr el soporte a la descentralización, estos son:

- **Producción por pares (peer-production)**

Este principio se refiere a que las decisiones, desarrollo de SI, estén a cargo de cada departamento de TI de la organización y luego comunicar al resto de pares. El rol del

consejo superior debe ser de asesor y control (un par puede ser una persona, un departamento o unidad organizacional).

- **Gestión de confianza entre pares (peer-to-peer trust management)**

Este principio se refiere a que cada par puede colaborar en la elaboración de la AE con contenido debidamente validado y comunicado para que se logre un modelo de referencia a nivel de toda la institución sobre la cual se pueda regir los procesos de cada uno de los pares.

2.5.1.7 *P07. The architecture of Information Management System through cloud computing according to Thai Qualifications Framework for Higher Education*

Para mejorar la calidad académica en las IES se plantea una arquitectura de SI que permita brindar servicios oportunos a sus estudiantes y docentes. Estos servicios deben estar siempre disponibles y ser accesibles desde cualquier dispositivo. La arquitectura propuesta debe considerar 7 elementos claves que son: sistemas como servicios, sistemas de procesamiento de datos, sistemas de gestión de información, reportes, retroalimentación de los usuarios, computación en la nube y los usuarios. Todos estos elementos deben trabajar de forma coordinada para facilitar la gestión y operación de las IES (Rodmunkong, Wannapiroon y Nilsook, 2016).

2.5.1.8 *P08. Research on the Architecture of Education Cloud for Joint Training Programs in Higher Education Institutions*

La computación en la nube gradualmente permitirá la evolución de la educación en las IES ya que provee un entorno conveniente para la enseñanza-aprendizaje con

recursos computacionales que permiten la colaboración interactiva entre estudiantes y profesores. La propuesta de este artículo es un modelo de arquitectura en la nube para la educación enfocado en las siguientes fases:

- Identificación de problemas y necesidades.
- Determinar el modelo de servicio.
- Diseñar la arquitectura de nube (pública, privada, híbrida).

Este modelo permitirá dar solución a las limitaciones de los SI tradicionales de educación como son: información aislada, ausencia de flexibilidad, bajo nivel de disponibilidad, restricciones en crecimiento de almacenamiento, procesamiento, memoria, bajo nivel de concurrencia de usuarios, etc. Con este modelo de nube se obtendrá beneficios relacionados a movilidad, alta capacidad de recursos computacionales, flexibilidad, acceso desde cualquier lugar y en cualquier momento, que permitirá ofrecer servicios de alta calidad a los estudiantes (Xiong, Xu y Shan, 2016).

2.5.1.9 *P09. Potential of information technology as a tool for improving innovation performance in higher education institutions*

Las TI pueden mejorar el desempeño educativo e innovación de las IES a través de medios como: intranet, internet, eLearning, realidad virtual, simulaciones, etc. Para cumplir con este objetivo se presenta un modelo integrado con seis dimensiones: estudiantes, docentes, cursos, tecnología, diseño y entorno. Este modelo está basado en la relación de la Gestión de la Información y Conocimiento (IKM) con sistemas e-learning y el desempeño de innovación educativa. Esta relación se presenta en la Figura 5.

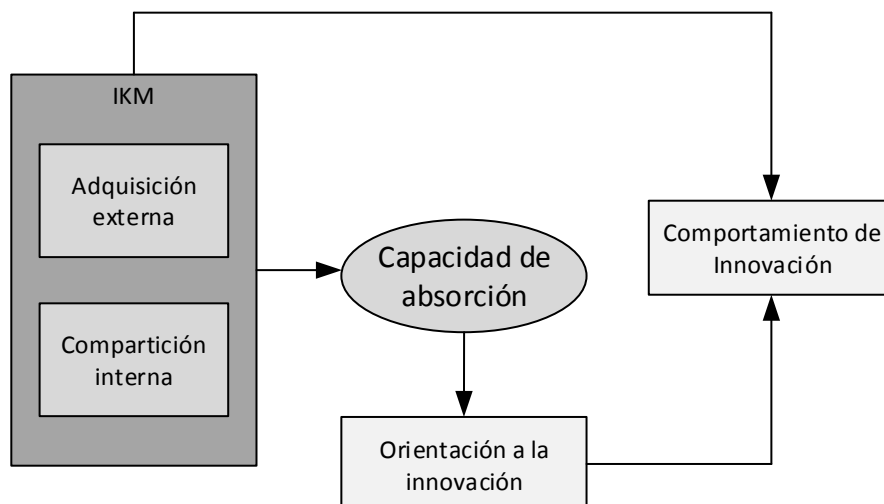


Figura 5. Modelo Integrado de IKM e Innovación.

Fuente: Adaptado de Hongyu Yang, Tongji Yang y Tingxin Wen (2010)

2.5.1.10 P10. Value creation drivers in SOA for research and innovation: A proposed framework for HEI context

La Arquitectura Orientada a Servicios (SOA) es un habilitador para la creación de valor en el contexto de las IES logrando conectividad, automatización, agilidad, interacción entre servicios de los procesos de negocio. Este enfoque ofrece un modelo colaborativo para que las IES puedan compartir recursos de forma óptima y flexible.

La creación de valor involucra interacciones locales y globales de los servicios en una cadena de valor cíclica en donde intervienen personal de la institución, clientes, partners y otros interesados.

Las IES dependen de los SI y están mapeando sus estrategias para compartir y colaborar con otras instituciones para generar más conocimiento. La creación de valor en el contexto de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) significa que cada iniciativa estratégica de negocio debe estar soportada por las TIC. El modelo propuesto para lograr este objetivo es la Arquitectura Empresarial Orientada a Servicios (SOEA) la cual se enfoca en dos elementos: adopción de tecnología y el

cambio del entorno entregando seis conductores de valor clave que son: automatización, agilidad, inteligencia, conectividad, interacción de servicios e integración de recursos. (Golooba y Ahlan, 2013)

2.6 Resumen general de la revisión

El análisis de los 10 artículos seleccionados se resume en la Tabla 10, en donde se utiliza los siguientes ítems para su evaluación:

- Enfoque y contexto de aplicación
- Técnica incluida

Tabla 10. Resumen de artículos seleccionados

Artículo	Enfoque y contexto de aplicación	Técnica Incluida
P01	Definir un metamodelo que soporte arquitecturas empresariales interpretadas por humanos y ontologías empresariales interpretadas por máquinas	Ontologías y modelos semánticos
P02	Definir el modelo ESaaS (Education-Software as a Service) que corresponde a un modelo educativo a través del software como servicio, el cual provee una alternativa costo-beneficio al modelo de software tradicional.	ESaaS. Software de educación en la nube
P03	Establecer un modelo de nube inteligente para conseguir que las IES disminuyan su presupuesto en TI y mejoren el sistema de educación con herramientas tecnológicas siempre actualizadas.	Cloud smarter (nube inteligente)
P04	Definir un enfoque basado en modelos para representar y evaluar la alineación de TI con el negocio, utilizando elementos desde niveles estratégicos hasta niveles funcionales u operacionales.	Enfoque basado en modelos
P05	Personalizar uno o varios marcos de trabajo de AE para su implementación en las IE, identificando factores claves de éxito.	TOGAF, FEA, ZAHMAN, GARTNER, E2AF
P06	Proporcionar principios que permitan adaptar los marcos de trabajo actuales de AE con el fin de lograr su aplicabilidad exitosa en organizaciones descentralizadas	Modelo descentralizado para el Gobierno de TI
P07	Presentar una arquitectura de sistemas de información bajo un modelo de computación en la nube que permita brindar servicios de calidad a sus estudiantes, docentes, administrativos.	SaaS, PaaS, IaaS
P08	Definir una arquitectura de nube educativa a través de la identificación de problemas y necesidades, definición del modelo de servicio y el diseño de la arquitectura de nube (pública, privada, híbrida)	Arquitectura de Educación en la nube
P09	Presentar un modelo integrado con seis dimensiones: estudiantes, docentes, cursos, tecnología, diseño y entorno, para mejorar el desempeño de las IES.	Gestión de la información y



		conocimiento (IKM), Sistemas e-learning
P10	Definir un modelo de Arquitectura Empresarial Orientada a Servicios (SOEA) la cual se enfoca en dos elementos: adopción de tecnología y el cambio del entorno entregando seis conductores de valor clave (automatización, agilidad, inteligencia, conectividad, interacción de servicios e integración de recursos)	Arquitectura Empresarial Orientada a Servicios (SOEA)

Fuente: El autor

Para finalizar la revisión sistemática de la literatura, en la Tabla 11 se indica si los artículos seleccionados están alineados a la pregunta de investigación formulada al inicio de esta sección que es: **RQ1**: ¿Existen modelos de referencia de sistemas de información para soportar el modelo de gestión de las Instituciones de Educación Superior?

Tabla 11. Distribución y alineación de artículos

Artículo	Enfoques	RQ1
P01	Ontologías y modelos semánticos	x
P02	ESaaS. Software de educación en la nube	x
P03	Cloud smarter (nube inteligente)	x
P04	Enfoque basado en modelos	x
P05	TOGAF, FEA, ZAHMAN, GARTNER, E2AF	x
P06	Modelo descentralizado para el Gobierno de TI	x
P07	SaaS, PaaS, IaaS	x
P08	Education cloud architecture	x
P09	Gestión de la información y conocimiento (IKM), Sistemas e-learning	x
P10	Arquitectura Empresarial Orientada a Servicios (SOEA)	x

Fuente: El autor

La información obtenida en la SLR indica que los esfuerzos en este ámbito de investigación aún no están consolidados, ya que los enfoques listados en la Tabla 11 son propuestas o modelos teóricos que requieren de su aplicación en las IES para validar su efectividad.

2.7 Hallazgos

Una vez finalizada la revisión sistemática de la literatura en relación a los modelos de referencia para la definición de una Arquitectura de Aplicaciones en las IES, se pudo identificar los siguientes aspectos claves a considerar:

- Modelos de computación en la nube para el soporte a la educación superior.
- Arquitectura orientada a servicios para la interoperabilidad de los sistemas que dan soporte a los procesos de las IES.
- Marcos de referencia para la implementación de una Arquitectura Empresarial.
- Tendencias ágiles para la definición y gobierno de una Arquitectura de TI.
- Uso de tecnologías disruptivas para la creación de nuevos servicios innovadores.

Estos hallazgos que son el resultado del análisis de los artículos seleccionados permitirán definir las bases del marco teórico y el camino a seguir para la definición de un modelo Arquitectónico de Aplicaciones robusto y flexible para las IES con la finalidad de que el modelo de referencia propuesto tenga como soporte principal los estándares de la industria, marcos de referencia y demás mecanismos tecnológicos que permitan la generación de valor en las IES a través de los SI.

3. Marco teórico

3.1 Arquitectura de aplicaciones

Durante el desarrollo de una aplicación o SI se toman decisiones de diseño de acuerdo a las necesidades del negocio. Estas decisiones definen la arquitectura del sistema y determinarán su funcionamiento una vez éste entre a operación. De aquí la importancia de que la elección, evolución, y gestión adecuada de la arquitectura de un sistema es un aspecto fundamental para garantizar que la aplicación cumpla con las exigencias de sus usuarios en un periodo de tiempo determinado.

Las IES en el Ecuador por lo general suelen poseer diversidad de aplicaciones desarrolladas a la medida y otras comerciales para el soporte de sus procesos operativos (admisión, matrícula, gestión académica, titulación y otros), cada una con su propio estilo arquitectónico, sin embargo el concepto de arquitectura se lo maneja de forma implícita o sin la importancia del caso, enfocándose principalmente en la parte funcional, es decir que el sistema haga lo que el usuario pide, pero sin tener presente el impacto que puede causar al mediano y largo plazo con los cambios y personalizaciones realizados al sistema sin ningún control ni principios que regulen su desarrollo y evolución. Por esta razón es muy importante resaltar los conceptos, términos y elementos inmersos en el área de Arquitectura de Software, los mismos que serán revisados en el presente capítulo.

3.1.1 Definición de arquitectura de software

Existen algunas definiciones de arquitectura de software y todas ellas hacen referencia a componentes, elementos, relaciones, principios, patrones, que son

usados para el desarrollo de cualquier sistema informático. Dos de las definiciones más relevantes son las siguientes:

“La arquitectura de software es el conjunto de decisiones importantes de diseño que se aplican al sistema” (Taylor, Medvidovic y Dashofy, 2009).

“La arquitectura de software es la organización fundamental de un sistema formado por sus componentes, las relaciones entre ellos y con su entorno y los principios que guían su diseño y evolución” (IEEE 1471 Std, 2000).

En el 2011 el estándar IEEE 1471 fue reemplazado por ISO/IEC/IEEE 42010, que define a la arquitectura de software como se cita a continuación:

“Son los conceptos o propiedades fundamentales de un sistema en su entorno, embebido en sus elementos, relaciones y en los principios de su diseño y evolución” (International Organization Of Standardization, 2011).

La arquitectura de software contempla decisiones de diseño referentes a la estructura, comportamiento e interacción de los componentes del sistema. Así mismo define los aspectos relacionados a la implementación o desarrollo del sistema con el fin de cumplir con los requisitos de calidad como: usabilidad, confiabilidad, mantenibilidad, eficiencia, entre otros. De aquí la importancia de contemplar los aspectos arquitectónicos en el desarrollo de cualquier sistema informático y mucho más para las IES, tomando en cuenta que un buen diseño arquitectónico desde el inicio de un proyecto de desarrollo de software, garantizará el éxito del sistema, cumpliendo con las necesidades de los usuarios y las exigencias del entorno. Esto igualmente aplica cuando se adquiere un software comercial, en donde se debe evaluar su arquitectura para que permita cumplir no solamente con la parte funcional sino también con la no

funcional. Un aspecto importante a considerar son los costos de implementar un modelo arquitectónico en las IES, ya sean privadas o públicas, en donde se tiene que evaluar soluciones tecnológicas de origen comercial o de código abierto, así como sus modelos de soporte, mantenimiento y evolución.

Adicionalmente, es preciso recalcar que, durante un proyecto de desarrollo de software, la arquitectura del sistema está en constante evolución y por ende las decisiones de diseño pueden cambiar o ajustarse dependiendo de las necesidades y/o restricciones del entorno. La arquitectura de software debe ser el corazón de cualquier sistema y principalmente de aquellos de un tamaño considerable, la arquitectura debe ser ubicada siempre en primer plano por sobre el análisis, los procesos y la programación, ya que permitirá obtener un producto rentable y que podrá evolucionar a largo plazo.

3.1.2 Componentes, conectores y relaciones

Un sistema de software está compuesto de muchos elementos que interactúan entre sí y que definen el comportamiento, generación de datos e interoperabilidad con otros sistemas, esto es posible gracias a los componentes, conectores y relaciones. Como menciona Taylor et al. (2009) un componente de software es una entidad arquitectónica que cumple con las siguientes características:

- Encapsula un subconjunto de la funcionalidad y/o datos del sistema.
- Restringe el acceso a su funcionalidad y/o datos a través de interfaces bien definidas.
- Tiene dependencias explícitamente definidas en el contexto de ejecución requerido.

De esta definición se puede identificar que un componente de software es como una caja negra, que puede ser tan simple o complejo dependiendo del problema que se desea resolver.

Por su parte los conectores son elementos que permiten las interacciones entre los componentes de software. A medida que los sistemas de software se han desarrollado y evolucionado llegando a ser cada vez más complejos y distribuidos, los conectores se han convertido en una pieza clave dentro de la arquitectura de los SI, por lo que es importante considerar los principales tipos que existen, para dependiendo del contexto del problema a resolver, determinar cuál es el más adecuado utilizar. Los conectores se pueden clasificar basados en la forma en cómo se realiza la interacción entre dos o más componentes (Taylor et al., 2009). La clasificación se presenta en la Tabla 12.

Finalmente, el tercer elemento importante en cualquier arquitectura de software consiste en las relaciones (iteraciones o conexiones) que existen entre cada uno de los componentes del sistema para la transmisión de los mensajes, esta comunicación es posible gracias a los conectores.

Tabla 12. Clasificación de conectores

Tipo conector	Descripción
Procedure Call	La llamada a procedimientos ejecuta la transferencia de datos entre componentes a través del uso de parámetros y valores de retorno.
Event	Define flujos de control entre componentes a través de eventos que se ejecutan en cada componente. Un esquema popular es el <i>Publicador/Suscriptor de eventos</i> .
Data Access	Permite a los componentes acceder a diferentes tipos de fuentes u orígenes de datos.
Linkage	Los conectores Linkage permiten establecer y mantener un conjunto de sistemas conectados e inter-operando entre sí. Un ejemplo común es un bus de servicios empresarial.
Stream	Este tipo de conectores permite la transferencia de grandes cantidades de datos. Es muy usado en arquitecturas cliente-servidor (TCP/UDP).
Arbitrator	Este tipo de conectores permiten mediar las interacciones requeridas garantizando la fiabilidad y atomicidad de las operaciones.

Adaptor	Este tipo de conector provee facilidades para soportar la interacción entre componentes incompatibles, mediante la implementación de conversiones, equivalencias que permitan lograr la comunicación.
Distributor	Permiten definir la ruta por la cual fluye la comunicación entre componentes de grandes sistemas distribuidos. DNS, routing, switching forman parte de este tipo de conectores.

Fuente: Adaptado de Taylor et al. (2009)

3.1.3 Descripción arquitectónica

Es importante comprender lo que involucra una descripción de una arquitectura, independientemente del estilo arquitectónico, de los requerimientos del negocio, restricciones del entorno o formatos, simplemente la intención es proveer un modelo conceptual de una descripción arquitectónica que sea ampliamente usado en cualquier sector de la industria (International Organization Of Standardization, 2011). En la Figura 6 se especifica gráficamente los elementos que se deben considerar para lograr una completa descripción de la arquitectura de un sistema de software.

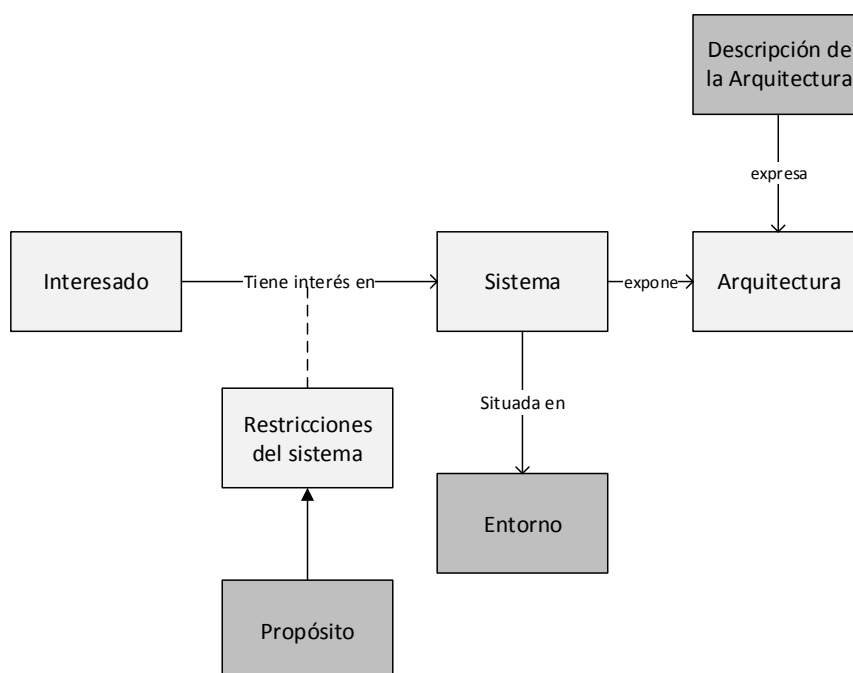


Figura 6. Contexto de la descripción arquitectónica.

Fuente: Adaptado de International Organization Of Standardization (2011)

Como se puede apreciar en la Figura 6, la descripción arquitectónica expresa la arquitectura en sí, por su parte un sistema en su entorno exhibe su arquitectura, los interesados tienen intereses en las características del sistema que se desarrolla bajo

un propósito u objetivos bien definidos y con restricciones o preocupaciones latentes en el ciclo de vida de cualquier producto de software. Un modelo más detallado se presenta en la Figura 7, el cual es denominado por la ISO como modelo conceptual de la descripción arquitectónica. Aquí se indica todos los elementos que intervienen en la descripción arquitectónica de un producto de software como, por ejemplo: se identifica los sistemas de interés, las vistas arquitectónicas, los tipos de modelos, las preocupaciones de los interesados, así como reglas de correspondencia para la definición arquitectónica.

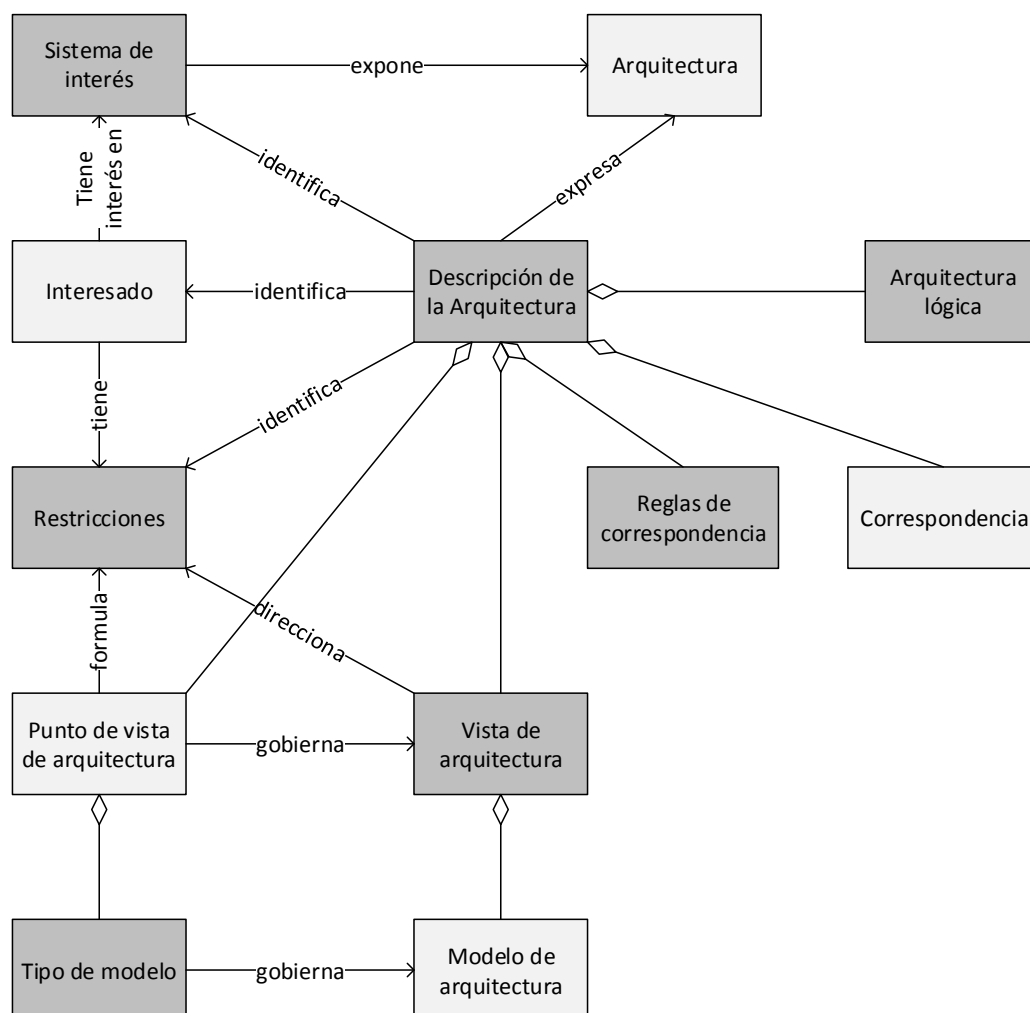


Figura 7. Modelo conceptual para la descripción arquitectónica.
Fuente: Adaptado de International Organization Of Standardization (2011)

Uno de los mecanismos más populares para describir la arquitectura de un sistema es el diseñado por Philippe Kruchten denominado “Modelo de vistas 4+1”. Este

modelo consiste en describir la estructura de un sistema en base a cinco vistas cada una de las cuales se enfoca en dominios y en roles específicos. El personal técnico captura sus decisiones de diseño en 4 vistas y usan la vista restante (casos de uso) para presentar y validar las características y requerimientos con el personal funcional (Robal, 2002).

La ventaja de usar este enfoque en vistas, es que se puede abordar separadamente las preocupaciones o consideraciones de los interesados en relación al producto a desarrollar. Entre los principales interesados se tiene: usuarios funcionales, desarrolladores, arquitectos, gerentes de proyecto, diseñadores, ingenieros técnicos de pruebas y otros seleccionados, este equipo es el que permite la gestión de los requerimientos funcionales y no funcionales, en la Figura 8 se aprecia el modelo de vistas 4+1.

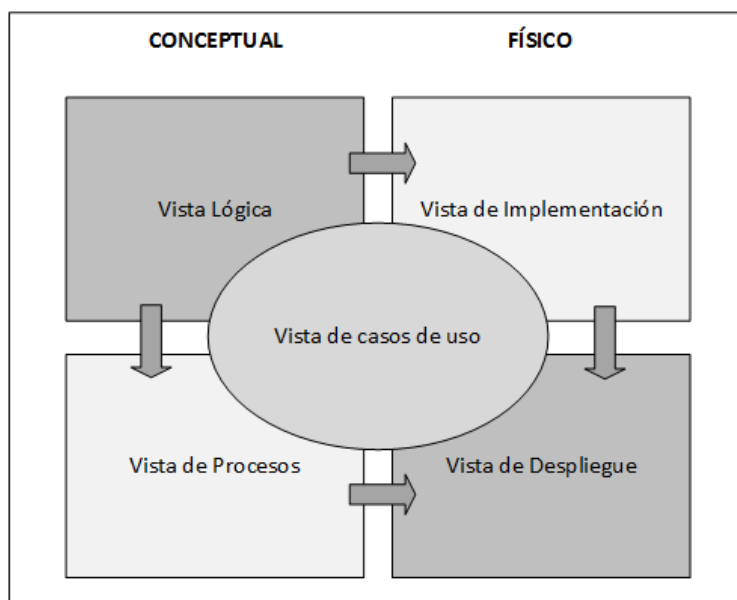


Figura 8. Descripción de la arquitectura de software con el modelo "4+1 vistas".

Fuente: Adaptado de Muchandi (2007)

En la Tabla 13 se resume los aspectos más importantes de las vistas que se ilustran en la Figura 8.

Tabla 13. Descripción del modelo “vistas 4+1”

Vista	Descripción	Roles
Lógica	Se enfoca en la funcionalidad principal del sistema. Se puede representar en diferentes niveles de abstracción. La arquitectura lógica se puede dividir vertical u horizontalmente ya sea en áreas funcionales o en capas con responsabilidades claramente definidas (presentación, lógica, datos, etc.). <ul style="list-style-type: none"> Diagramas de clases, de objetos de paquetes, etc. 	Analistas Diseñadores Usuarios finales
Procesos	Se enfoca en aspectos no funcionales como: rendimiento, concurrencia, escalabilidad, tolerancia a fallos, distribución de procesos para ejecución de tareas síncronas/asíncronas, secuenciales/paralelas, etc. La arquitectura de procesos se puede representar mediante la interacción de sub-sistemas, componentes y objetos. <ul style="list-style-type: none"> Diagramas de secuencia, de comunicación, de actividad. 	Arquitectos Integradores
Implementación o desarrollo	Se enfoca en la estructura del sistema a nivel de componentes que representan los artefactos a ser desarrollados. <ul style="list-style-type: none"> Diagramas de componentes 	Desarrolladores
Física o despliegue	Se enfoca en la topología hardware en la cual se ejecutará el sistema de software. Esta vista provee todas las configuraciones a nivel hardware requeridas sobre las cuales se va a mapear los elementos de la vista de implementación. <ul style="list-style-type: none"> Diagrama de despliegue. 	Gestores de despliegue
Casos de uso o escenarios	Es la vista central en la cual se capturan los escenarios del negocio. Esta vista describe el comportamiento del sistema y es la que primero se crea en un ciclo de vida de desarrollo de un producto software. <ul style="list-style-type: none"> Diagramas de casos de uso. 	Todos los interesados

Fuente: El autor

3.1.4 Estilos arquitectónicos

De acuerdo a Eeles (2012) los estilos arquitectónicos hacen referencia a decisiones de diseño que describen una clase de arquitectura, la cual es reutilizable para el desarrollo de sistemas de software con características similares. Complementando esta definición, un estilo arquitectónico define la forma como el sistema estará conformado (clase particular de arquitectura), qué componentes de alto nivel intervendrán, así como también sus relaciones y los mecanismos de comunicación a utilizar para estructurar dicho sistema. De aquí la importancia de conocer los principales estilos existentes, con la finalidad de combinar o personalizar algunos de ellos dependiendo de las necesidades puntuales del negocio que se vaya a analizar.



Los estilos se pueden clasificar de acuerdo a su naturaleza, en la Tabla 14 se presenta la categorización de los estilos más importantes en el ámbito de la arquitectura de software.

Tabla 14. Estilos arquitectónicos.

Categoría	Nombre del estilo	Resumen
<i>Influenciado por lenguajes tradicionales</i>	Programa principal y subrutinas	El programa principal controla la ejecución del sistema y llama a múltiples subrutinas. Se aplica en aplicaciones pequeñas y simples
	Orientado a objetos	Los objetos encapsulan estado y funcionalidad. Se aplica cuando se puede mapear fácilmente entidades externas a objetos internos del sistema.
<i>Layered</i>	Cliente-servidor	Los clientes solicitan servicios a un servidor. Se aplica cuando se centraliza la lógica de la aplicación y los datos en equipos servidores.
<i>Flujo de datos</i>	Tubería y filtros	Las tuberías (pipes) permiten dirigir el flujo de datos entre los diferentes filtros (filters). Se aplica cuando las estructuras de datos son susceptibles de serializar.
	Lotes secuenciales	Programas separados son ejecutados secuencialmente con una entrada por lotes. Se aplica cuando el problema se puede dividir en una secuencia de pasos ejecutables por lotes.
<i>Memoria compartida</i>	Basado en reglas	Se utiliza reglas ingresadas en la base de conocimiento para resolver una consulta. Se aplica cuando los datos de un problema se pueden expresar como condiciones de las cuales se puede inferir un resultado.
<i>Intérprete</i>	Código móvil	El código es ejecutado en un host remoto. Se aplica cuando resulta más eficiente mover el procesamiento (código) a un host que los datos en sí.
	Publicador-subscriptor	Los publicadores transmiten mensajes a sus subscriptores. Se aplica cuando los componentes están débilmente acoplados y cuando los datos a transmitir son pequeños.
	Basada en eventos	Componentes independientes asincrónicamente emiten y reciben eventos comunicados sobre un bus de eventos. Se aplica cuando los componentes son independientes y concurrentes.
	Basada en servicios / recursos	Los pares almacenan estado y funcionalidad pudiendo comportarse tanto como clientes y servidores. Se aplica cuando los pares están distribuidos en una red, pueden ser heterogéneos e independientes.
<i>CORBA</i>	CORBA	Estándar para implementar middleware que soporta el desarrollo de aplicaciones distribuidas en entornos heterogéneos (OMG Object Management Group, s. f.). La base para el desarrollo de tecnologías como DCOM, RMI.
<i>C2</i>	Estilo C2	Estilo basado en componentes y mensajes para la construcción de sistemas de software flexibles. Consiste en una jerarquía de red de componentes concurrentes enlazados por conectores de acuerdo a un conjunto de reglas. (Institute for Software Research, s. f.) Se aplica cuando se tienen aplicaciones heterogéneas.

Fuente: Adaptado de Serebrenik (s. f.)

La clasificación presentada en la Tabla 14 es solamente una de muchas que los autores y empresas tecnológicas presentan para lograr consolidar las experiencias de diseño en una categoría de estilos fácilmente reutilizables para nuevos proyectos. Es importante recalcar que aún no se ha logrado un acuerdo en el número de estilos arquitectónicos que existen en la industria, por lo que en la literatura se encontrarán diversas formas de agrupar los estilos siendo todas válidas y de los cuales se debe seleccionar solamente aquellos que aplican a la realidad y problema que se quiere resolver en un dominio de negocio determinado. En la Tabla 15 se presenta otra forma de clasificar los estilos arquitectónicos.

Tabla 15. Clasificación de estilos arquitectónicos.

Categoría	Estilo arquitectónico
Comunicación	Arquitectura orientada a servicios Bus de servicios
Despliegue	Cliente/Servidor 3-Tier/N-Tier
Dominio	Diseño orientado al dominio
Estructura	Basado en componentes Orientado a objetos Arquitectura en capas lógicas

Fuente: Adaptado de Microsoft (s. f.)

Generalmente la arquitectura de sistemas de software está definida por la combinación de dos o más estilos arquitectónicos para satisfacer los requerimientos del negocio. Particularmente hablando de los SI en las IES en el Ecuador, se puede sugerir el uso de: una Arquitectura Orientada a Servicios, en donde dichos servicios se pueden desarrollar con un modelo de programación orientado a objetos con un diseño basado en el dominio y una separación en capas lógicas para delimitar las responsabilidades y funcionalidades del sistema para finalmente poder realizar el despliegue en producción en varios servidores (físicos/virtuales). Este escenario denota la utilización de varios estilos, los mismos que combinados permiten obtener un sistema flexible, escalable y robusto que cumpla con las exigencias y expectativas

de los usuarios. Un ejemplo de aplicación puede ser el desarrollo del sistema de admisiones de una IES, usando la combinación de estilos arquitectónicos para la automatización de los requerimientos en cuanto al registro, selección y evaluación de los aspirantes a la universidad.

Para las IES en donde se requiere automatizar procesos del negocio, que contienen lógica que cambia constantemente en el tiempo por decisiones ya sean internas o externas. Evans (2004) propuso una estructura de buenas prácticas y principios para lograr un modelado a nivel del sistema de software de forma modular, flexible, desacoplada, que permita manejar la complejidad del negocio, a lo que le denominó “Diseño orientado al dominio”, cuyos premisas más importantes son:

- El punto principal de atención es la lógica del dominio (dominio financiero, académico, investigación, entre otros.). Debe existir una fuerte relación del modelo de dominio con la implementación a nivel del sistema de software.
- Los diseños complejos se deben representar en un modelo compuesto de entidades de negocio correctamente relacionadas. El modelo se convierte en la columna vertebral del sistema.
- Comunicación constante y efectiva entre especialistas técnicos y expertos del negocio para que el modelo a generar refleje la realidad del entorno.

La aplicación del diseño orientado al dominio en combinación con otros estilos, permite definir a un alto nivel la estructura del sistema de software para su implementación. Una propuesta que ha tenido mucha acogida es la presentada por un equipo de arquitectos de software, la misma que se puede apreciar en la Figura 9, en donde se observa diferentes componentes y conectores que conforman la estructura de un sistema de software complejo, que permitirá evolucionar con relativa

facilidad en el tiempo, reemplazando componentes tecnológicos por nuevas versiones, además, permite atender a los cambios del negocio con mejores tiempos de respuesta y se logra un mantenimiento con menos costos para el departamento de TI (De la Torre, Zorrilla, Calvarro, y Ramos, 2010). Este estilo arquitectónico permite centralizar la lógica del dominio en una sola capa (núcleo del sistema), la cual estará desacoplada del resto de capas de la aplicación que se centran principalmente en temas tecnológicos y de infraestructura como: interfaz de usuario, persistencia de datos, servicios remotos, servicios transversales de seguridad, auditoría, caché, entre otros. De acuerdo a De la Torre et al. (2010) los principales componentes y características del modelo arquitectónico en N-Capas con orientación al dominio se presentan en la Figura 9 y son descritos a continuación:

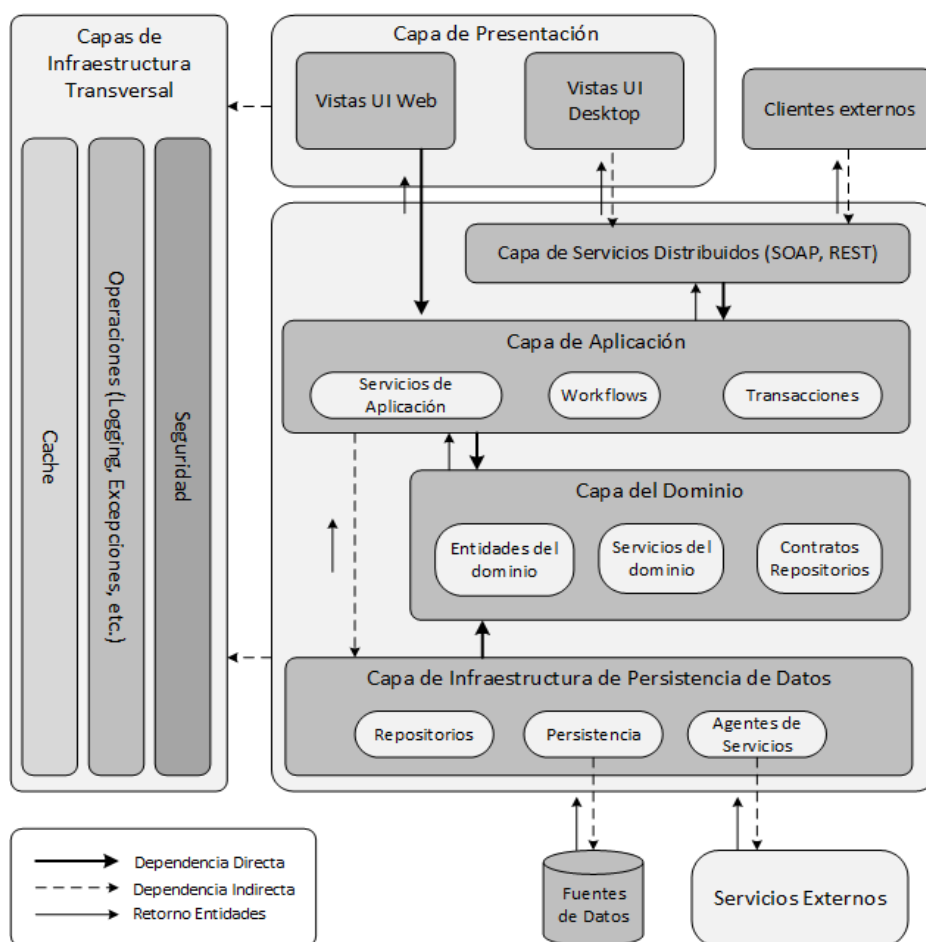


Figura 9. Arquitectura orientada al dominio en N-Capas.
Fuente: Adaptado de De la Torre et al. (2010)

Capa de presentación

- Interfaz gráfica para interacción con el usuario. Presenta y recibe datos.
- Es común el aplicar el patrón MVC (Model View Controller).

Capa de servicios distribuidos

- Se utiliza para exponer servicios a otras aplicaciones basados en canales de comunicación y mensajes de datos. Esta capa no debe contener lógica de negocios sino más bien proveer un canal de acceso remoto a las funcionalidades del sistema.
- Generalmente la capa de servicios es de tipo web (SOAP, REST).

Capa de aplicación

- Realiza tareas de orquestación de temas tecnológicos como por ejemplo el manejo de transacciones, ejecución de unidades de trabajo.

Capa del dominio

- En esta capa se modela el negocio, constituye la parte central o núcleo (core) del sistema.
- Se especifican las reglas y la lógica de los procesos del negocio.
- Se definen las entidades y servicios del dominio. Es decir, las clases y los métodos asociados a la lógica del negocio.
- Se especifica los contratos de los repositorios, es decir qué operaciones se deben ejecutar y no como ejecutarlas. Las implementaciones concretas y ligadas a una determinada tecnología se especifican en las capas de infraestructura.

Capa de infraestructura de acceso a datos

- En esta capa se realizan las tareas de consulta y persistencia de los datos.
- En caso de servicios externos desde esta capa se accede a ellos.
- Se implementa los repositorios haciendo uso de librerías de acceso a datos como ORM (Object Relational Mapping), marcos de trabajo de datos, etc.

Capas de infraestructura transversal

- Se implementa servicios para su uso por parte de las otras capas de la aplicación.
- Los servicios implementados es esta capa son: trazabilidad, caché, seguridad, trazabilidad, monitoreo, mensajería, etc.

3.1.5 Patrones arquitectónicos

Los patrones arquitectónicos han surgido de la experiencia de aplicar decisiones de diseño arquitectónico en proyectos en donde se ha obtenido resultados exitosos, por lo que se han convertido en una colección de experiencias correctamente sustentadas y verificadas (decisiones de diseño) aplicables a problemas recurrentes en el ámbito del desarrollo de software. Ejemplos de patrones arquitectónicos son: MVC (Model View Controller), N-Capas, Sense-Compute-Control, entre otros.

En la Figura 10 se aprecia la relación entre estilos y patrones arquitectónicos, así como también los patrones de diseño, esto con el fin de clarificar cada uno de estos conceptos para su correcta utilización en un contexto de negocio orientado a las IES. En dicha figura se observa que los patrones de diseño se aplican a nivel del lenguaje de programación y son independientes del dominio de sistemas, es decir, que se

puede aplicar para sistemas de dominios educativos, de construcción, médicos, etc., sin restringir su uso ni afectar la arquitectura del sistema. Por su parte, los estilos y patrones arquitectónicos se aplican a un nivel de la estructura del sistema y estos si influyen o impactan el dominio en el cual se desarrolla la aplicación. Finalmente, a un nivel empresarial se aplica una arquitectura específica al dominio, en donde se identifican componentes de alto nivel que formarán parte de la aplicación.

De acuerdo a Serebrenik (s. f.), los patrones arquitectónicos definen estrategias de implementación de componentes y conectores, es decir define cómo se deben implementar dichos elementos, mientras que los estilos arquitectónicos definen qué componentes y conectores formarán parte del sistema, y finalmente los patrones de diseño son utilizados durante la codificación para consolidar arquitecturas de software robustas, confiables, de fácil mantenimiento y evolución.

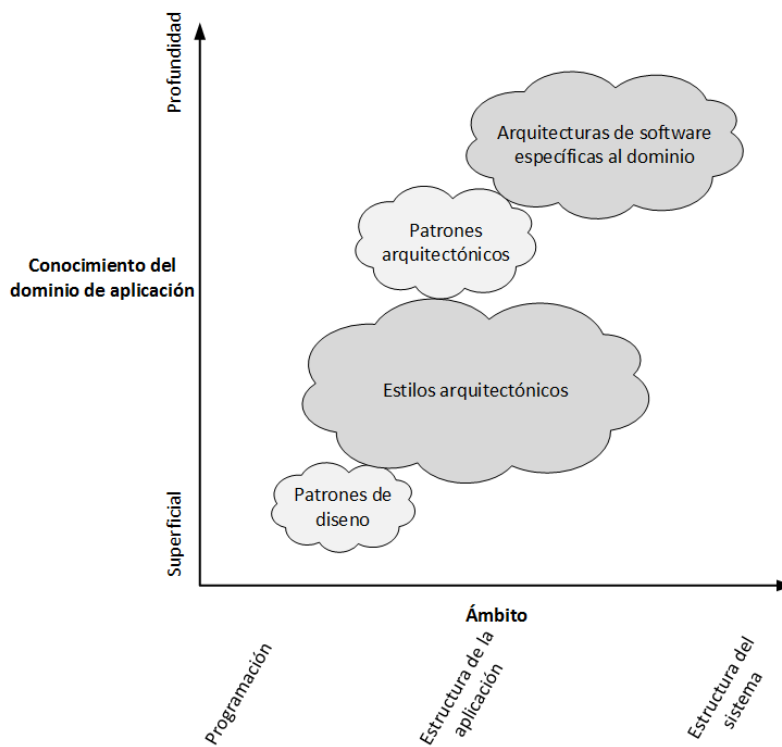


Figura 10. Relación Estilos, patrones arquitectónicos y patrones de diseño.
Fuente: Adaptado de Taylor et al. (2009)

3.1.6 Diseño de arquitecturas de software

El proceso de diseño de buenas arquitecturas de software dependerá del nivel de conocimientos y experiencia del arquitecto responsable de esta actividad. Existen guías, procedimientos, buenas prácticas, directrices para el diseño de la arquitectura de un sistema, que permiten garantizar un resultado final en concordancia con los requerimientos funcionales y no funcionales del negocio.

Para el desarrollo de cualquier sistema, se requiere visionar la arquitectura inicial definiendo lineamientos, estándares, componentes, la estructura y relaciones que permitirán guiar la construcción de dicho sistema. Como ya se lo mencionó anteriormente, un factor importante para un buen diseño arquitectónico es la experiencia adquirida en sistemas anteriores con características similares y el trabajo con el equipo y con todos los involucrados en el proyecto (funcionales, analistas, desarrolladores, arquitectos, directivos, entre otros).

La propuesta de Marechaux (2011) para guiar el proceso de diseño arquitectónico de un sistema, está muy bien fundamentada y es sencilla de aplicar a proyectos de desarrollo de software, el autor resume los siguientes pasos:

a. Identificar requerimientos significativos

La primera tarea en el proceso arquitectónico es comprender las necesidades del usuario, para ello es necesario revisar los casos de uso, historias de usuario, procesos de negocio, etc., generados por los analistas para poder identificar los requerimientos funcionales más relevantes que tienen un impacto significativo en el diseño arquitectónico del sistema. La tarea fundamental a cargo del arquitecto en esta etapa es listar y analizar los requerimientos no funcionales que serán considerados en el

proyecto, garantizando de esta manera un sistema que cumpla las expectativas de los usuarios. Los requerimientos no funcionales son los que especifican criterios para evaluar la operación de un servicio de tecnología o sistema de información, en contraste con los requerimientos funcionales que especifican los comportamientos específicos de las aplicaciones.

Para la descripción de los requerimientos no funcionales, existen diversas clasificaciones como: la norma ISO/IEC 25010, la norma IEEE 380, entre otras. En la Figura 11 se presenta el modelo de acuerdo a la norma ISO/IEC 25010 que servirá como referencia para poder seleccionar los atributos de calidad con mayor relevancia de acuerdo al contexto del sistema a desarrollar, debido a que esta norma es ampliamente usada como estándar para evaluar la calidad del software.

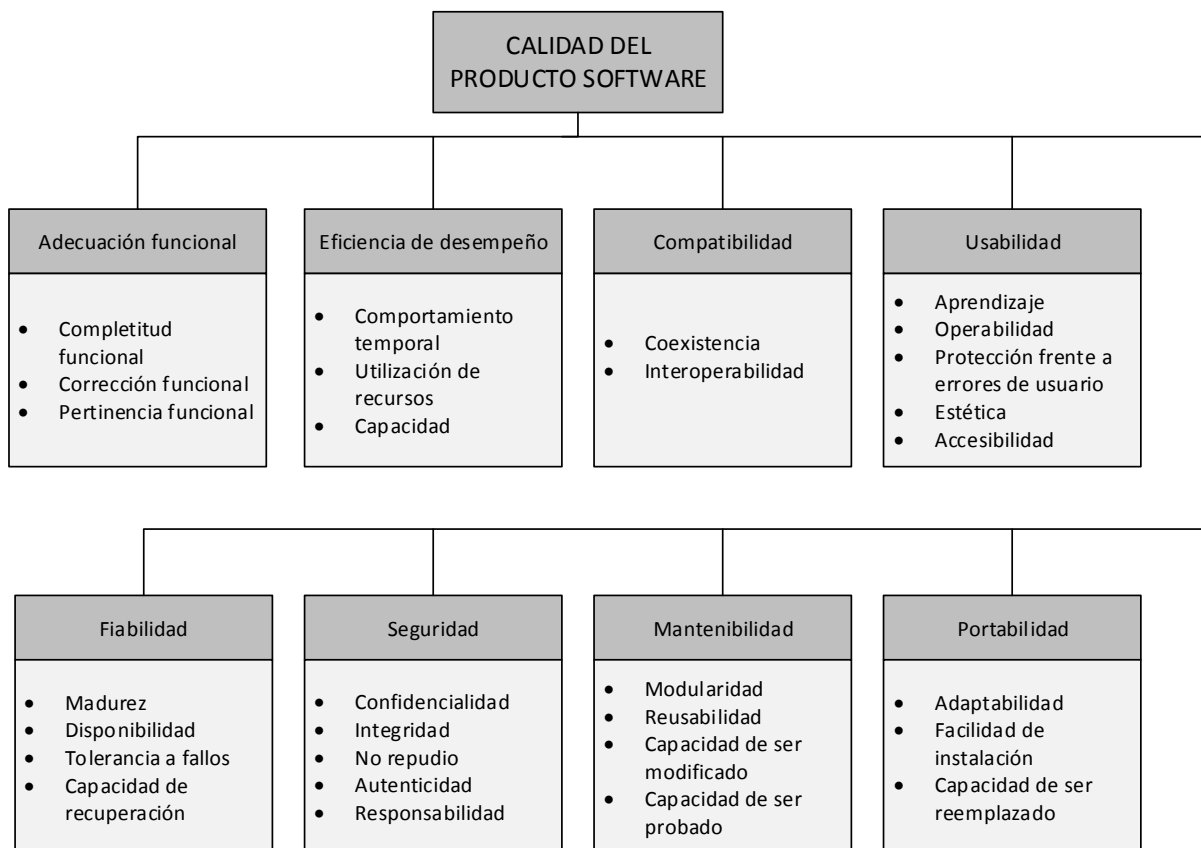


Figura 11. Modelo ISO/IEC 25010.
Fuente: Adaptado de ISO (2005)

b. Definir arquitectura candidata

Una vez que los requerimientos más importantes han sido identificados y analizados, el arquitecto crea una primera propuesta de la arquitectura de la solución. El arquitecto generalmente toma como referencia la experiencia en sistemas similares replicando patrones, estándares, protocolos, lineamientos, que se puedan usar en el nuevo proyecto, con el fin de evitar esfuerzos innecesarios. La arquitectura candidata tiene en cuenta los requisitos funcionales como: casos de uso, historias de usuario, procesos de negocio, y también los requisitos no funcionales como: disponibilidad, rendimiento, escalabilidad, seguridad, usabilidad, entre otros.

En este punto se determina cuestiones como:

- El tipo de aplicación (web, escritorio, móvil, combinación de estos estilos).
- Definir las capas lógicas del sistema. (presentación, negocio, datos, Seguridad, caché, etc.).
- Indicar los elementos principales a un alto nivel, por ejemplo: modelo de vistas 4+1 Kruntchen (1995).

c. Definir modelo de despliegue inicial

Una vez esbozada la visión general del sistema, se puede dibujar un esquema inicial de despliegue que garantice el servicio a los usuarios finales. Se debe tomar en cuenta aspectos como disponibilidad, rendimiento, tolerancia a fallos, balanceo de carga, seguridad, etc., dependiendo de los requerimientos no funcionales que apliquen al proyecto. Este diagrama se constituye en el elemento principal para definir la infraestructura necesaria para el sistema y se lo debe armar conjuntamente con el Líder de Infraestructura.

d. Definir modelo de dominio

Un modelo de dominio inicial o general, permite a todo el equipo técnico (especialmente a los desarrolladores) comprender las entidades clave del negocio y sus relaciones. El arquitecto ayuda a visionar qué entidades se debe modelar en base a los requerimientos del negocio (funcionales y no funcionales) con el fin de que los analistas y diseñadores puedan obtener un modelo que sea flexible, evolutivo y de fácil mantenimiento por parte del equipo de desarrollo para satisfacer las necesidades de la institución.

e. Proceso iterativo de refinamiento

En un primer ciclo de ejecución de los pasos antes descritos para el diseño de la arquitectura de software, es prácticamente imposible definir todas las partes o componentes del sistema con el nivel de detalle que se requiere para su implementación, por esta razón, el desarrollo de la arquitectura es un proceso iterativo e incremental que constantemente se va afinando conforme avanza el proyecto en sus diferentes fases. A continuación, se presentan cuestiones importantes de dicho proceso iterativo:

- **Refinar mecanismos de arquitectura**

En esta etapa se ajustan todos los elementos necesarios para cumplir con los requisitos del sistema, es decir: marcos de trabajo a utilizar, librerías de terceros, uso de servicios transversales de seguridad, mecanismos de trazabilidad, transaccionalidad, manejo de concurrencia, interfaz de usuario, modelo de programación, patrones de diseño, etc. Dependiendo del proyecto se puede apoyar en diagramas de clases, de secuencia, de estados, de colaboración.

- **Refinar modelo de diseño**

En esta etapa se ajusta las entidades a partir del modelo de dominio inicial que representan al negocio, y conjuntamente con los diseñadores se generan modelos que, a más de cumplir con los requerimientos, brinden un nivel de flexibilidad y adaptabilidad aceptable con proyección a mantener el sistema operativo por varios años (8 a 10 años tiempo de vida útil estimado). Las capas iniciales definidas en la arquitectura candidata son ajustadas de tal forma que se cubren detalles de cada uno de los componentes y responsabilidades de dichas capas.

- **Refinar esquema de despliegue**

A medida que el proyecto avanza, los arquitectos perfeccionan la arquitectura de despliegue para garantizar que los requerimientos no funcionales sean cumplidos y de igual forma se establezcan las limitaciones relacionadas con el entorno de producción. Por ejemplo, si se desea un sistema al cual van a acceder un potencial de 1000 o más usuarios concurrentes, se debe considerar una granja de servidores, para lo cual otros componentes de hardware y software adicionales son necesarios, a más de la infraestructura del sistema propiamente dicho. Por ejemplo: balanceador de carga, firewall, servidor de caché distribuido, fuentes de datos en alta disponibilidad, entre otros.

Para un mejor entendimiento del proceso de diseño arquitectónico, en la Figura 12 se presenta de forma gráfica lo anteriormente descrito.

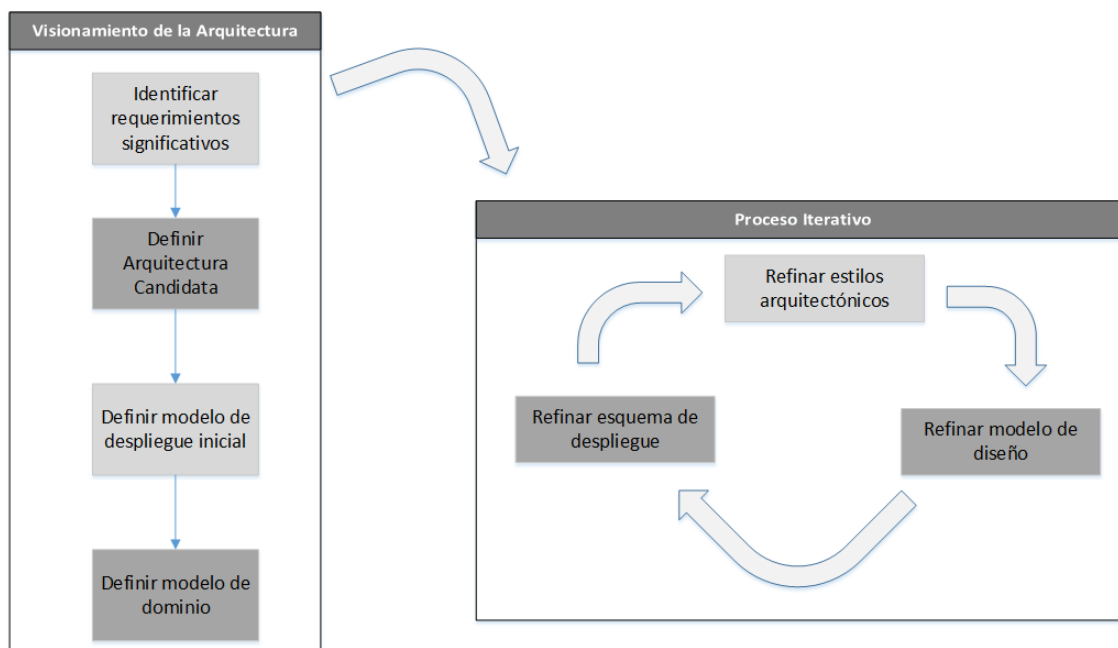


Figura 12. Proceso de diseño arquitectónico.

Fuente: Adaptación de Marechaux (2011)

3.2 Arquitectura empresarial

Según Ross, Weill y Robertson (2006), la arquitectura empresarial es la organización lógica de los procesos de negocio y la infraestructura de TI con el fin de reflejar la integración y estandarización de los requerimientos del modelo operativo de una organización. En otras palabras, la arquitectura empresarial permite el alineamiento de tecnología con los objetivos estratégicos de una organización. Aunque esta definición hace parecer a la arquitectura empresarial como muy teórica, es importante recalcar la importancia que está tomando este modelo de trabajo en los últimos años ya que permite obtener una serie de beneficios como: agilidad organizacional, mejorar el retorno de inversión, optimización de recursos de TI, permite incrementar la calidad de los productos y/o servicios y mejorar la competitividad en el mercado. En la actualidad muchas organizaciones cuentan con un número elevado de SI, equipos computacionales y demás medios tecnológicos gestionados por personal especializado, que han permitido soportar los diferentes procesos de negocio. Sin embargo, la necesidad de optimizar dichos recursos y enfocarse en la línea central

de sus negocios (por ejemplo, la función principal de las IES es la educación superior y no la de desarrollar/mantener software/hardware) obliga a los directores de estas unidades a buscar modelos que permitan lograr este objetivo. Por esta razón, es importante describir los elementos más relevantes de una arquitectura empresarial y cómo abordarla para conseguir con éxito el implementar este modelo de trabajo.

La actividad fundamental para abordar con éxito una arquitectura empresarial es identificar los procesos, datos, tecnología (aplicaciones, hardware) y las relaciones con los clientes con el fin de definir un estado actual y un estado futuro o deseado al cual se debe llegar progresivamente a través de la implementación de proyectos/iniciativas alineados a la estrategia de la institución.

La arquitectura empresarial se estructura generalmente en 4 niveles de forma integral, identificando elementos de alto nivel, es decir abstrae la complejidad de cada uno de los tipos de arquitecturas, las mismas que se resumen en la Tabla 16.

Tabla 16. Estructura de la arquitectura empresarial.

Tipo arquitectura	de	Descripción
Arquitectura negocio	de	Se refiere a las actividades o tareas que componen los principales procesos del negocio.
Arquitectura datos	de	Hace referencia a las definiciones de los datos y su uso compartido.
Arquitectura aplicaciones	de	Define la estructura de las aplicaciones individuales y sus interacciones.
Arquitectura tecnológica		Tiene que ver con los servicios de infraestructura como servidores, equipos de telecomunicaciones, etc.

Fuente: Adaptado de Ross et al. (2006)

En algunas instituciones el término de arquitectura empresarial es mal utilizado debido a que se lo usa para referirse a uno o más de los tipos de arquitectura expuestas anteriormente. Esto es un error, ya que la arquitectura empresarial se encarga del

alineamiento de los procesos de negocio de alto nivel y de las capacidades de TI. La Arquitectura Empresarial permite el alineamiento de los cuatro dominios arquitectónicos a un nivel general debido a que la mayoría de personas (no técnicas) de la organización no necesitan estar involucradas en los detalles técnicos y en las guías para el desarrollo de aplicaciones o infraestructura. Las personas funcionales o de negocio son las que proveen la información sobre cómo se ejecutan los procesos, qué datos necesitan para la toma de decisiones y demás consideraciones de negocio, para que el departamento de TI pueda desarrollar soluciones innovadoras.

La arquitectura empresarial crea un modelo de cómo la institución operará en el futuro, pero la convergencia de las personas, procesos y tecnología necesaria para implementar dicha arquitectura demanda de modelos mucho más detallados, y es aquí en donde TI se convierte en un pilar fundamental no solo para apoyar al negocio sino para convertirse en un aliado estratégico de los altos directivos para la consecución de los objetivos y metas.

3.2.1 Arquitectura de TI

La Arquitectura de TI se refiere al desarrollo de arquitecturas detalladas de: datos, aplicaciones e infraestructura, tomando como referencia lo especificado a un nivel general en la Arquitectura Empresarial. La Arquitectura de TI provee un valor considerable debido a que brinda soluciones inmediatas para el negocio. Esto se logra siempre que el departamento de TI desarrolle proyectos teniendo muy presente lo definido en la Arquitectura Empresarial, con la finalidad de enfocar correctamente todas las iniciativas y proyectos para beneficio del negocio y no se conviertan en soluciones aisladas o que solamente sirven en el corto plazo.

En la Figura 13 se ilustran los cuatro dominios arquitectónicos, que en su conjunto conforman los dominios de la arquitectura empresarial.

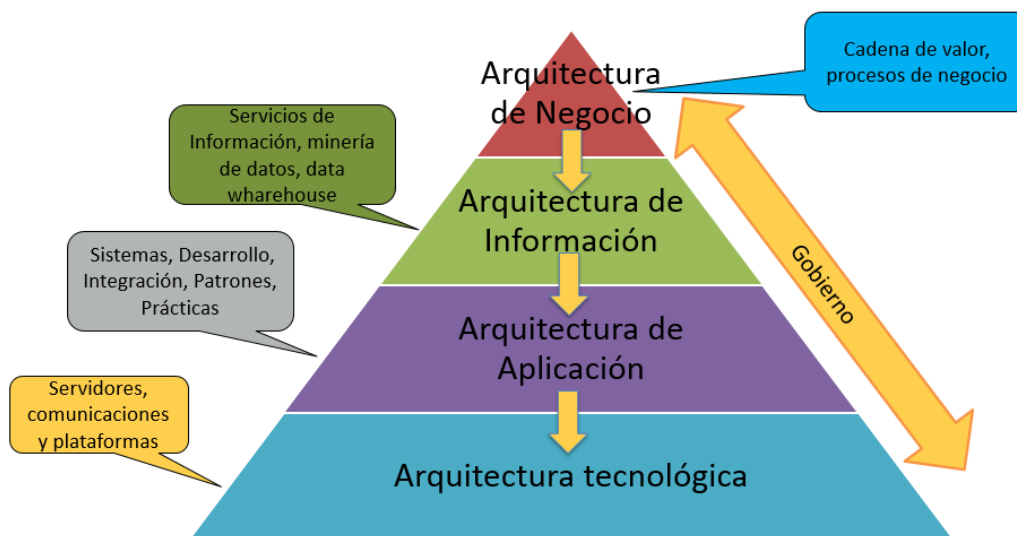


Figura 13. Arquitectura Empresarial.
Fuente: Adaptado de Project X (s. f.)

3.2.2 Elementos de una Arquitectura Empresarial

De acuerdo a MIT Sloan Center for Information Systems Research and IMD (2005) existen cuatro elementos comunes para definir una Arquitectura Empresarial independientemente del marco de trabajo o *framework* que se utilice. Estos elementos se presentan a continuación:

a. Procesos centrales del negocio.

Es el conjunto de procesos de la institución que define sus capacidades y sus necesidades para ejecutar el modelo operativo y responder a las oportunidades del mercado.

b. Datos compartidos por los procesos centrales del negocio.

Se refiere a los datos compartidos a través de unidades de negocio para la toma de decisiones.

c. Tecnologías clave para interoperabilidad y automatización.

Estas tecnologías incluyen software como podría ser un middleware, el cual permite la integración de aplicaciones y acceso a datos compartidos. También se encuentra los sistemas ERP (Enterprise Resource Planning) que permiten automatizar la gestión, planificación de los recursos de una institución. Otras tecnologías son los portales web para acceso de los clientes a los productos y servicios, así como también los medios electrónicos para su uso por parte de los usuarios internos y externos.

d. Clientes clave

Representan a los segmentos o tipos de clientes principales que tiene la institución. Los cuatro elementos de la Arquitectura Empresarial antes descritos (procesos, datos, tecnología y clientes) son específicos al modelo operativo, por esta razón el objetivo es ver similitudes entre dichos elementos para obtener un modelo de referencia que permita describir las características de la arquitectura empresarial (Ross et al., 2006). En la Figura 14 se ilustra la relación entre estos cuatro elementos.

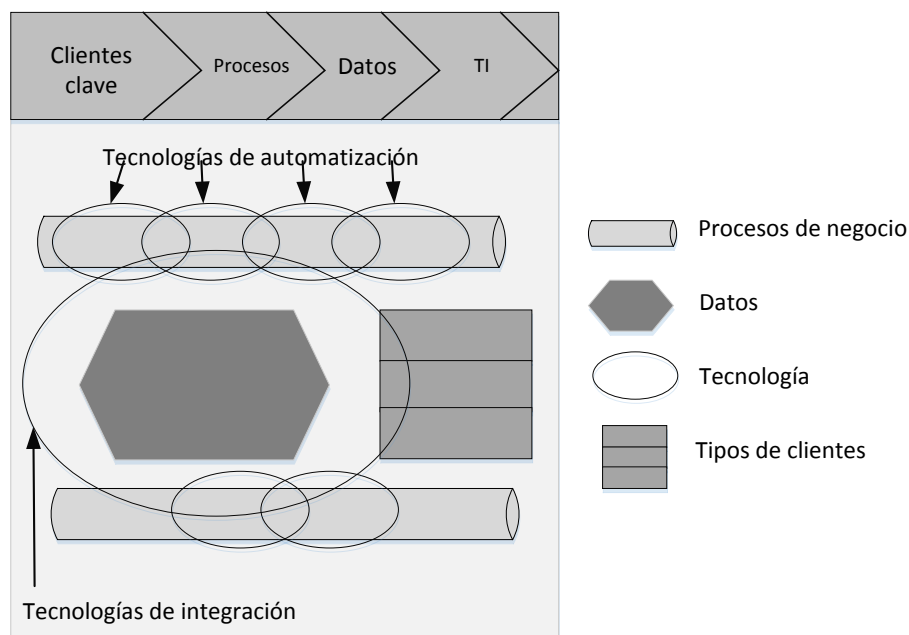


Figura 14. Diagrama central unificado. Arquitectura Empresarial.
Fuente: Adaptado de MIT Sloan Center for Information Systems Research and IMD (2005)

3.2.3 Fases de madurez de la Arquitectura Empresarial

Las IES han desarrollado e implementado procesos y sistemas que con el pasar de los años se han convertido en obstáculos para alcanzar nuevas visiones de negocio. El reto es rediseñar y luego implementar nuevos sistemas, procesos, infraestructura de TI sin detener las operaciones del día a día ya que la gestión de la institución no puede detenerse y simplemente empezar desde cero. Por esta razón Ross et al. (2006) presenta un patrón denominado “Cuatro fases para la madurez de la arquitectura empresarial”, estas fases son las siguientes:

a. Fase 1. Silos de negocio.

- Se enfoca en inversiones de TI para el desarrollo de aplicaciones locales que proveen soluciones a necesidades funcionales puntuales.
- No usa estándares.
- El modelo de trabajo es bottom – up (de abajo hacia arriba).
- Baja o pobre integración entre sistemas informáticos.
- Muy pocos datos compartidos

b. Fase 2. Tecnológica estandarizada.

- Racionalización, estandarización y consolidación de la infraestructura de TI.
- Infraestructura de TI compartidas para la optimización de los recursos.
- Reducir el número de plataformas tecnológicas para mejorar su gestión.

c. Fase 3. Arquitectura central optimizada.

- Estandarización de los procesos del negocio.

- Consolidación de aplicaciones redundantes a través de sistemas como ERP, CRM, etc.
- Racionalización de procesos y aplicaciones para lograr su optimización y consolidación.
- Datos reutilizables y plataformas de procesos de negocio.
- Top – down. (De arriba hacia abajo).

d. Fase 4. Modularidad del negocio.

- Agilidad estratégica de la organización.
- Creación de módulos de negocio reutilizables, interfaces de comunicación estandarizadas (servicios web).
- Componentes de negocio débilmente acoplados para su fácil integración y reutilización.

Las descripciones de estas cuatro fases del modelo de madurez de la Arquitectura Empresarial permiten categorizar o posicionar a las IES en una determinada etapa o estado a través de un diagnóstico de sus dominios arquitectónicos actuales (procesos, datos, aplicaciones e infraestructura) y así definir su arquitectura objetivo determinando las brechas existentes y la hoja de ruta a seguir para alcanzar el nivel de madurez deseado. A manera de ejemplo, en la Figura 15 se presenta un estudio realizado por MIT Sloan Center for Information Systems Research en el año 2005 a 100 empresas de los Estado Unidos, de las cuales se puede apreciar el 48% de ellas se encuentra en la fase 2 y solamente el 6% ha alcanzado la fase 4, logrando la modularidad del negocio.

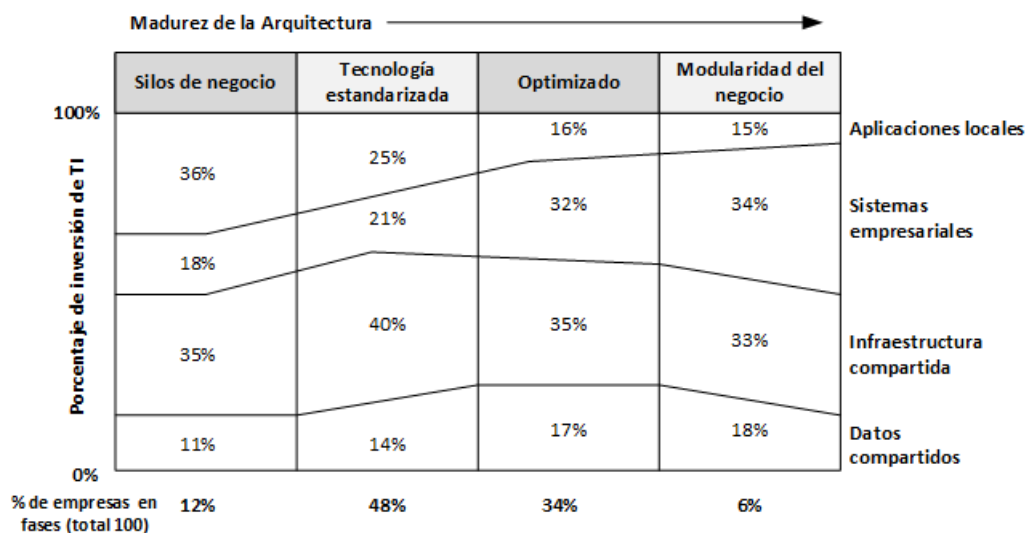


Figura 15. Estudio de madurez de la Arquitectura Empresarial.

Fuente: Tomado de MIT Sloan Center for Information Systems Research and IMD (2005)

3.2.4 Modelo de Michael Porter

El modelo de Porter aún influencia la forma en que las organizaciones están estructuradas hoy en día. Este modelo no está diseñado para mostrar las capacidades estratégicas como la arquitectura empresarial, sino que es un enfoque estructurado para entender como el rendimiento de una institución puede ser usado para generar una ventaja competitiva.

El modelo de la cadena de valor de Porter es usado para identificar la secuencia de actividades genéricas que ejecuta el negocio para satisfacer las necesidades de los clientes. Las actividades son principales o de soporte y el modelo que se aprecia en la Figura 16 es aplicable a cualquier tipo de negocio.



*Figura 16. Cadena de valor de Porter.
Fuente: Adaptado de (Arimany, 2011)*

3.2.5 Integración de la arquitectura empresarial a la cadena de valor

La arquitectura empresarial puede ser vista como una arquitectura a nivel organizacional que integra una variedad de vistas arquitectónicas y es representada usando guías, modelos, diagramas, catálogos, principios, para lograr el alineamiento de la estrategia del negocio con las actividades operacionales. Una de las formas de lograr la alineación estratégica entre las diferentes vistas arquitectónicas es aplicar el modelo de la cadena de valor de Porter e integrar los principios clave de la arquitectura empresarial (National Academic Mailing List Service, s. f.).

Para evitar que las instituciones continúen en iniciativas en áreas específicas de forma total o parcialmente aislada sin tener principal atención en la estrategia del negocio, es necesario identificar y mejorar la cadena de valor de la institución. En la siguiente sección se realiza un resumen del modelo de Porter y un esquema en donde se aprecia la relación de los elementos principales de una institución.

3.2.6 Modelo conceptual de la cadena de valor y la arquitectura empresarial

De acuerdo a National Academic Mailing List Service (s. f.) la cadena de valor de una IES es un tipo de arquitectura empresarial compuesta de procesos de negocio primarios y de soporte. Los procesos principales entregan valor a los clientes (estudiantes) y cumplen con los objetivos estratégicos de la institución. Los principales beneficios del modelo (Figura 17), son los siguientes:

- La cadena de valor y sus procesos permiten interactuar entre diversos dominios.
- La cadena de valor se puede modelar en una herramienta de arquitectura empresarial como Archimate (Beauvoir, s. f.).
- La integración de la cadena de valor con la arquitectura empresarial permite el alineamiento estratégico.
- Disponer de mecanismos formalizados de documentación de mapas de aplicaciones de acuerdo a las actividades de la cadena de valor de la institución.

Mientras que, dentro del contexto de la Arquitectura Empresarial, los sistemas de información constituyen un elemento primordial en la entrega de valor estratégico al negocio, la cadena de valor es la que proporciona la definición, planificación y los requisitos de dotación de recursos para la ejecución del negocio. La cadena de valor ofrece la posibilidad de que TI se posicione como un componente no solo de apoyo operativo sino que potencie la consecución de los objetivos estratégicos.

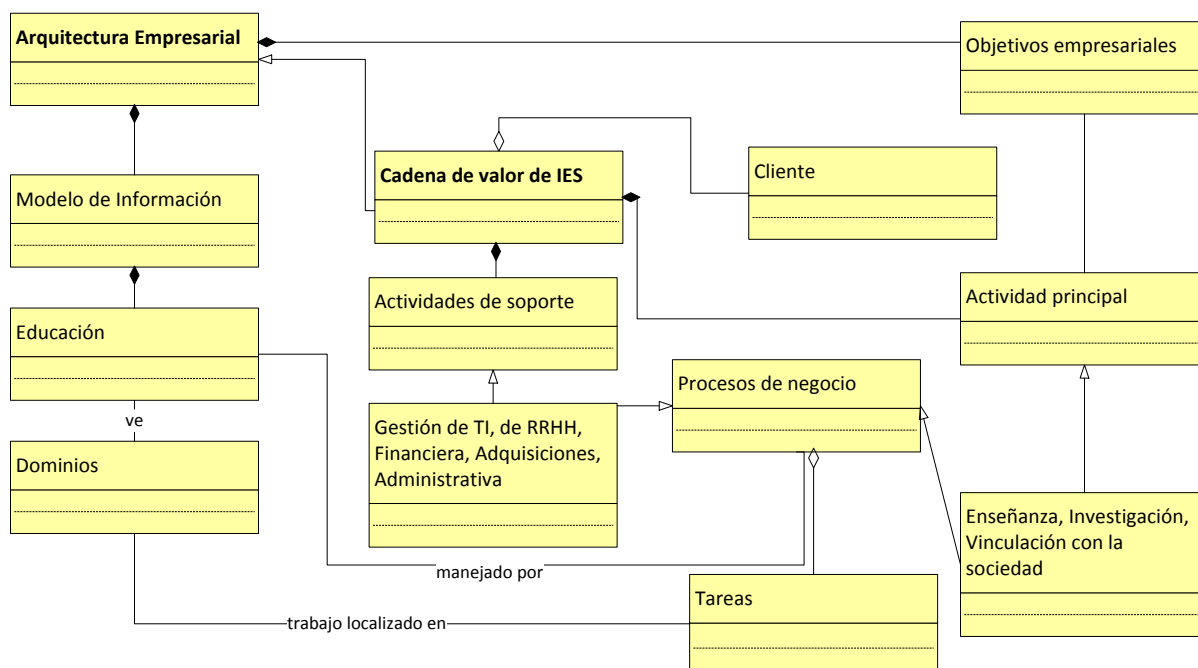


Figura 17. Conceptos clave de la cadena de valor y la arquitectura empresarial.

Fuente: Adaptado de National Academic Mailing List Service (s. f.)

De acuerdo a Phillipson (2008) la mejora de la capacidad de TI ya no se centra en la optimización de los procesos dentro de los silos de TI sino que la cadena de valor debe ser contemplada para que TI pueda definir sus proyectos e innovaciones en base a lo estipulado por el negocio. Los esfuerzos de TI deben estar centrados no en el mantenimiento de la operación, sino en actividades de misión crítica como:

- Alineamiento con los objetivos estratégicos (que son definidos en cada institución), para evitar la implementación de sistemas que al poco tiempo se dejan de usar o son reemplazados por unos nuevos.
- Innovación tecnológica.
- Modernización de aplicaciones empresariales.
- Interoperabilidad entre sistemas de información o paquetes de software comerciales por sobre el desarrollo tradicional de aplicaciones (SOA. arquitectura orientada a servicios).

3.3 Marcos de referencia de arquitectura empresarial.

Para el desarrollo del modelo arquitectónico de los SI, existen diversas metodologías o marcos de referencia con los cuales se puede trabajar. Estos marcos de referencia abarcan de forma integral a toda la institución y sirven de guía para la implementación de una Arquitectura Empresarial. Según Rouse (2007), la arquitectura empresarial es un modelo conceptual que define la estructura y funcionamiento de una organización. El objetivo principal es la consecución de los objetivos estratégicos mediante el alineamiento de elementos como: procesos, datos, aplicaciones e infraestructura tecnológica.

Entre los principales marcos de trabajo que guían la implementación de la arquitectura empresarial se tiene: Zachman, TOGAF, FEA, Gartner. Cada uno de ellos define su propia taxonomía, procesos, guías, esquemas de gobernabilidad. A continuación, se presenta los aspectos principales de cada uno de estos marcos de trabajo.

3.3.1 Zachman

De acuerdo a Sessions (2007), el modelo Zachman más que un marco de trabajo es una taxonomía ya que presenta un esquema para la clasificación y organización de artefactos arquitectónicos que permiten mejorar la gestión de la empresa. Esta clasificación presenta y compara diversas perspectivas (contextual, conceptual, lógica, física, representaciones detalladas y la empresa en funcionamiento) cada uno con un rol claramente identificado y trabajando en seis focos de aplicación que son: datos, funciones, red, gente, tiempo y motivación. La relación de estos elementos se puede apreciar gráficamente en la Figura 18.







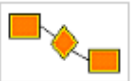
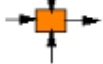
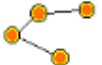

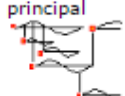


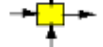
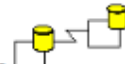

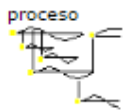

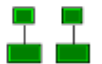



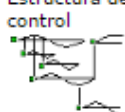







	DATA	FUNCIÓN	RED	GENTE	TIME	MOTIVACIÓN	
	Qué	Cómo	Dónde	Quién	Cuándo	Por qué	
Objetivo / Ámbito: <i>Contextual</i> <i>Rol: Planificador</i>	Lista de cosas importantes en el negocio 	Lista de procesos de negocio centrales 	Lista de ubicaciones de negocio 	Lista de organizaciones importantes 	Lista de eventos significativos 	Lista de código de negocio 	Objetivo / Ámbito: <i>Contextual</i> <i>Rol: Planificador</i>
Modelo de empresa <i>Conceptual</i> <i>Rol: Propietario</i>	Modelo de datos/objeto conceptual 	Proceso de negocio Modelo 	Logística de negocio Sistema 	Modelo de flujo de trabajo 	Planificación principal 	Plan de negocio 	Modelo de empresa <i>Conceptual</i> <i>Rol: Propietario</i>
Modelo de sistema <i>Lógico</i> <i>Rol: Diseñador</i>	Modelo lógico de datos/clase 	Modelo de arquitectura de sistema 	Arquitectura de sistemas distribuidos 	Arquitectura de comunicación humana 	Estructura de proceso 	Modelo de rol de negocio 	Modelo de sistema <i>Lógico</i> <i>Rol: Diseñador</i>
Modelo de Tecnología <i>Físico</i> <i>Rol: Creador</i>	Modelo físico de datos/clase 	Modelo de diseño de tecnología tecnología 	Arquitectura de tecnología 	Arquitectura de presentación 	Estructura de control 	Diseño de reglas 	Modelo de Tecnología <i>Físico</i> <i>Rol: Creador</i>
Representaciones detalladas <i>Fuera de contexto</i> <i>Rol: Programador</i>	Definiciones de datos 	Programa 	Arquitectura de redes 	Arquitectura de seguridad 	Definición de temporización 	Especificación de reglas 	Representaciones detalladas <i>Fuera de contexto</i> <i>Rol: Programador</i>
Empresa en funcionamiento <i>Rol: Usuario</i>	Datos utilizables	Función de trabajo	Red utilizable	Organización en funcionamiento	Planificación implementada	Estrategia de trabajo	Empresa en funcionamiento <i>Rol: Usuario</i>

Figura 18. Modelo de Zachman.
Fuente: Tomado de IBM (s. f.)

Existen tres principios del modelo propuesto por Zachman (Figura 18) que son:

- a. Cada artefacto arquitectónico debe especificarse en una celda específica sin existir ambigüedad. Celda es la relación entre las filas (perspectivas) y columnas (focos) de la Figura 18.
- b. La arquitectura de cada celda se considera completa solamente cuando contiene los artefactos suficientes para definir completamente el sistema para un rol determinado en un foco en concreto.
- c. Las celdas deben estar relacionadas entre sí en el mismo foco de acción. Por ejemplo, en la columna “DATA” (ver Figura 18) desde la perspectiva del propietario de la institución, dichos datos constituyen la información del negocio, mientras que desde la perspectiva del administrador de la base de datos constituyen componentes (tablas, relaciones) en un motor de base de datos.

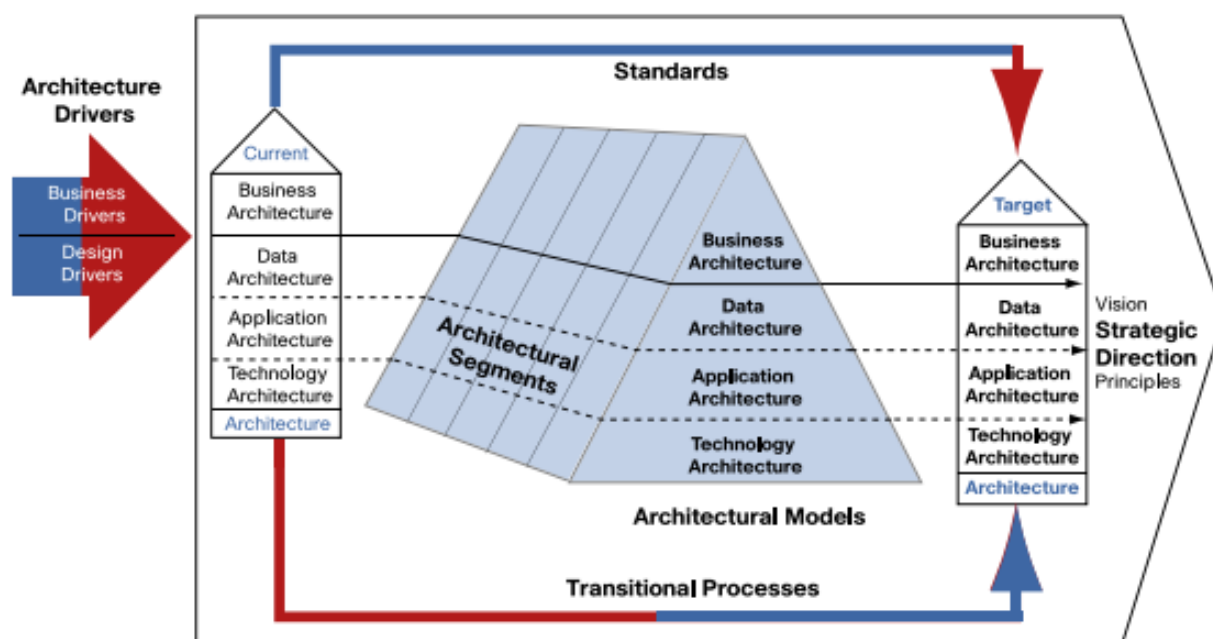
3.3.2 FEA

FEA (Federal Enterprise Architecture) es un marco de referencia que inicialmente se creó para su aplicación al Gobierno Federal de los Estados Unidos de Norteamérica, y su objetivo era el de lograr la integración de la estrategia con el negocio y la tecnología con el fin de mejorar su rendimiento y estructura organizacional.

FEAF (Federal Enterprise Architecture Framework) describe un conjunto de herramientas y modelos de referencia que describen seis tipos de dominios arquitectónicos: estrategia, negocio, datos, aplicaciones, infraestructura y seguridad. FEAF ayuda a acelerar la transformación del negocio y al establecimiento de nueva

tecnología enfocándose en la estandarización, análisis, hojas de ruta para apoyar a una mejor toma de decisiones y gestión de la institución (Federal government of the United States, 2013).

En la Figura 19 se puede apreciar los elementos, artefactos, procesos y vistas que plantea el modelo FEA.



*Figura 19. Modelo FEA.
Fuente: Tomado de Cisco (2009)*

3.3.3 TOGAF

The Open Group Architecture Framework (TOGAF) es un marco de trabajo de Arquitectura Empresarial que proporciona un enfoque para el diseño, planificación, implementación y gobierno de una arquitectura empresarial de información. Esta arquitectura está modelada, por lo general, en cuatro niveles o dimensiones: Negocios, Tecnología, Datos y Aplicaciones. Cuenta con un conjunto de arquitecturas base que buscan facilitarle al equipo de arquitectos cómo definir el estado actual y futuro de la arquitectura (Josey, 2011).

En TOGAF, el término “arquitectura” tiene dos significados según el contexto:

- Una descripción formal de un sistema a nivel de sus componentes para guiar su implementación.
- La estructura de componentes, sus interrelaciones, así como también, los principios que gobiernan su diseño y evolución en el tiempo.

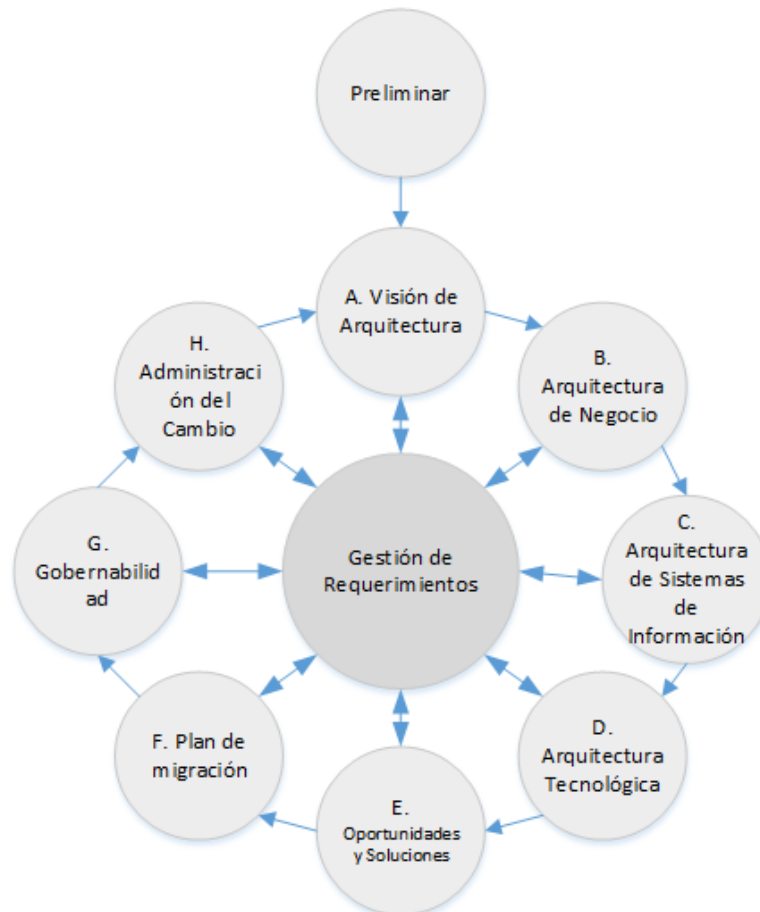
El marco de trabajo TOGAF está dividido en siete partes las cuales se resumen en la Tabla 17.

Tabla 17. Clasificación de estilos arquitectónicos.

Componente	Descripción
Parte 1. Introducción	Esta sección presenta un resumen de alto nivel de los conceptos clave de arquitectura empresarial de acuerdo al enfoque de TOGAF.
Parte 2. ADM	Esta sección es la parte primordial de TOGAF y es el método de desarrollo de la arquitectura empresarial y consiste en un conjunto de fases cíclicas e iterativas en las cuales se generan entregables y artefactos que sirven de insumos entre dichas fases.
Parte 3. ADM Guías y técnicas	Esta sección contiene un conjunto de guías y técnicas para su uso en ADM.
Parte 4. Marco de trabajo de contenido arquitectónico	Esta sección describe el contenido del marco de trabajo, artefactos, bloques de construcción, entregables.
Parte 5. El Continuum de empresa y herramientas	Esta sección se enfoca en taxonomías y herramientas para clasificar los resultados de la actividad de arquitectura.
Parte 6. Modelos de referencia	Esta sección describe dos modelos de referencia, el modelo de referencia técnico (TRM) y el modelo de referencia de infraestructura de información integrada (III-RM)
Parte 7. Marco de trabajo de capacidad arquitectónica	Esta sección analiza la organización, los procesos, roles y responsabilidades requeridas para establecer y operar la práctica de la arquitectura.

Fuente: Adaptado de Josey (2011)

El aspecto más importante de TOGAF es su método de desarrollo arquitectónico conocido como ADM por sus siglas en inglés (Architecture Development Method). ADM está constituido en varias fases, las cuales son personalizables a las necesidades de cada institución y describe cómo lograr la implementación de una arquitectura empresarial direccionando los requerimientos del negocio de cada una de las fases para su adecuada gestión. Ver Figura 20.



*Figura 20. Método de desarrollo arquitectónico.
Fuente: Adaptado de The Open Group (2011)*

3.3.4 Gartner

Gartner es un modelo que propone un proceso práctico para implementar la Arquitectura Empresarial que se enfoca en el estado futuro y encamina todos sus esfuerzos en la consecución de dicho estado para obtener los resultados que espera el negocio. El modelo de procesos para una Arquitectura Empresarial es un complemento de valor para cualquiera de los marcos de trabajo descritos anteriormente, ya que el modelo de Gartner responde a las preguntas de qué, cuándo y cómo producir, cuestiones que no son tratadas por los otros marcos de trabajo (Bittler y Kreizman, 2005).

El proceso se ilustra en la Figura 21, en donde se puede apreciar que el modelo propuesto define actividades para disminuir las brechas entre el estado actual y el

estado futuro manteniendo un ciclo continuo de gestión y gobernanza de los proyectos ejecutados en la institución. Estas actividades y proyectos deben responder a las estrategias del negocio, así como a las tendencias del entorno.

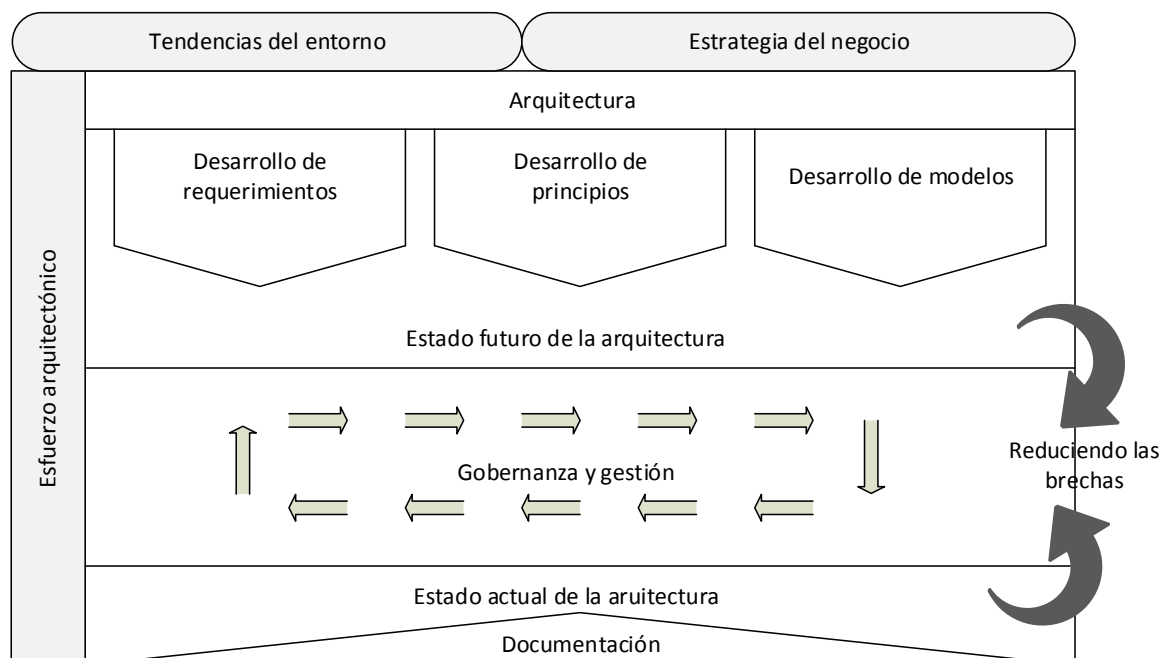


Figura 21. Modelo de proceso de Gartner de Arquitectura Empresarial.
Fuente: Adaptado de Bittler y Kreizman (2005)

3.3.5 Comparativa de marcos de referencia

Tomando en cuenta que la arquitectura de los SI es uno de los elementos principales dentro de una arquitectura empresarial, se consideró personalizar como guía de referencia el método de desarrollo arquitectónico (ADM) de TOGAF 9.1, principalmente por su capacidad de adaptarse a la realidad de cada institución y a su amplio uso en los últimos años. Puntualmente se utilizará los procesos, artefactos, guías, etc., descritas en la fase C de ADM, la misma que aborda ampliamente el análisis, relaciones y visionamiento de los SI. En la Tabla 18 se presenta la comparación realizada por Sessions (2007) para evaluar los marcos de trabajo de arquitectura empresarial tomando en cuenta la siguiente ponderación:

- 1: hace un trabajo muy pobre en este ámbito.

- 2: hace un trabajo inadecuado en esta área.
- 3: hace un trabajo aceptable en este ámbito.
- 4: hace un muy buen trabajo en esta área.

Tabla 18. Evaluación de marcos de trabajo de Arquitectura Empresarial.

Criterio	Zachman	TOGAF	FEA	Gartner
Complejidad de la taxonomía	4	2	2	1
Complejidad del proceso	1	4	2	3
Guía del modelo de referencia	1	3	4	1
Guía práctica	1	2	2	4
Modelo de madurez	1	1	3	2
Enfocado en el negocio	1	2	1	4
Guía de gobernanza	1	2	3	3
Proveedor neutral	2	4	3	1
Disponibilidad de la información	2	4	2	1
Tiempo para entregar valor	1	3	1	4
Total	15	27	23	24

Fuente: Adaptado de Sessions (2007)

Los criterios principales que se tomaron en cuenta para la selección de TOGAF como marco de referencia son: completitud del proceso, guía del modelo de referencia, proveedor neutral y disponibilidad de la información. En donde destaca frente a sus competidores, como se parecía en la Tabla 18.

3.4 Tecnologías disruptivas - Modelo SMACIT

Las tecnologías disruptivas hacen referencia a innovaciones tecnológicas que reemplazan a tecnologías consolidadas en el mercado por un tiempo considerable, principalmente por su facilidad de uso, costos más accesibles y por llegar a los usuarios promedio (al menos cuando inicia dicha tecnología).

Según Christensen, Raynor y McDonal (2015) el término disruptivo en el ámbito tecnológico, hace referencia al proceso mediante el cual empresas pequeñas o

emprendedoras, son capaces de desafiar con éxito a las grandes empresas ya establecidas y consolidadas en un determinado mercado. Esto principalmente porque las grandes empresas se centran en sus clientes más importantes y rentables y se olvidan del resto de usuarios comunes, en donde las pequeñas entran ofertando productos con similares funcionalidades, a menor costo, de fácil uso, que con el tiempo llegan a captar la atención de los grandes clientes, es aquí en donde se produce la disrupción o interrupción, haciendo que las grandes empresas fracasen.

Las principales características de las innovaciones disruptivas se enfocan en:

- Innovaciones que son inicialmente de origen de gama baja.
- La creación de nuevos mercados en donde no existían. Ejemplo: Fotografía digital, comunicaciones por internet, etc.
- La calidad del producto o servicio gradualmente va aumentando hasta llegar a la corriente principal del mercado, captando a un mayor número de clientes.

En el ámbito de la educación superior es importante tomar en cuenta las tecnologías disruptivas para lograr un beneficio considerable e incluso un cambio revolucionario en el proceso enseñanza-aprendizaje entre docentes y estudiantes, el seguimiento académico, la oferta de cursos, facilidades al estudiante para acceder al contenido científico, información actualizada y oportuna sobre expedientes y trámites académicos, etc. Estas tecnologías hoy en día hacen referencia a tendencias como: movilidad, analítica, redes sociales, computación en la nube e internet de las cosas, por lo que deben ser vistas como medios que permiten potenciar y mejorar los procesos académicos y administrativos de las IES para mejorar el nivel de calidad de la educación. A continuación, se revisará de forma general los conceptos relacionados a las disciplinas digitales o tecnologías disruptivas que están permitiendo la



transformación digital en las instituciones. Estas tecnologías son comúnmente conocidas como el modelo SMACIT (Social, Mobile, Analytics, Cloud and Internet of things).

3.4.1 Social

Las tecnologías sociales permiten compartir información de cualquier índole: familiar, amistad, trabajo, técnica, financiera, salud, etc., para lo cual existen en la actualidad un sin número de redes sociales creadas para diferentes fines como por ejemplo: Facebook, que permite mantener a miles de millones de personas y empresas alrededor del mundo siempre estar informados y compartiendo datos de interés entre sí, muchas empresas realizan publicidad por esta red tomando en cuenta el gran volumen potencial de clientes existentes; Airbnb que es una red que permite a personas que viajan alrededor del mundo contactarse entre sí para el alquiler de una habitación, siendo una alternativa a los hoteles tradicionales; Yammer, es una red colaborativa para entornos empresariales en donde los empleados pueden compartir información, tareas, noticias referente a sus labores diarias en la empresa. Así como estos ejemplos existen muchos más (youtube, twitter, instagram, etc.) que cada vez más son adoptados por las empresas y particularmente por las IES, en donde se promocionan cursos, oferta académica, video tutorías, fotografías de eventos y más, para llegar a sus estudiantes y a la sociedad en general (Weinman, 2015).

3.4.2 Movilidad

La movilidad hace referencia a la forma en cómo las instituciones ofrecen sus productos y servicios a los clientes, de tal forma que éstos siempre estén disponibles y que la información sea accesible desde cualquier dispositivo y desde cualquier

lugar. Para lograr este objetivo se debe considerar medios tecnológicos como: aplicaciones móviles, aplicaciones web adaptativas, smartphones, tabletas, laptops, tecnologías de redes (RFID, Wi-Fi, Li-Fi, Bluetooth, Near-Field communications), computación en la nube, entre otras, que permiten implementar soluciones de movilidad para mejorar su productividad y de esta manera la calidad del servicio a los clientes.

En la actualidad, las IES en el Ecuador se encuentra cada vez más invirtiendo en desarrollo de aplicaciones móviles, aplicaciones en la nube, etc., priorizando la innovación tecnológica con el fin de apoyar y facilitar la labor académica tanto a sus docentes como estudiantes.

Con la movilidad se obtiene un conjunto considerable de oportunidades de negocio en todos los tipos de empresa. Esto se puede apreciar en la Figura 22.

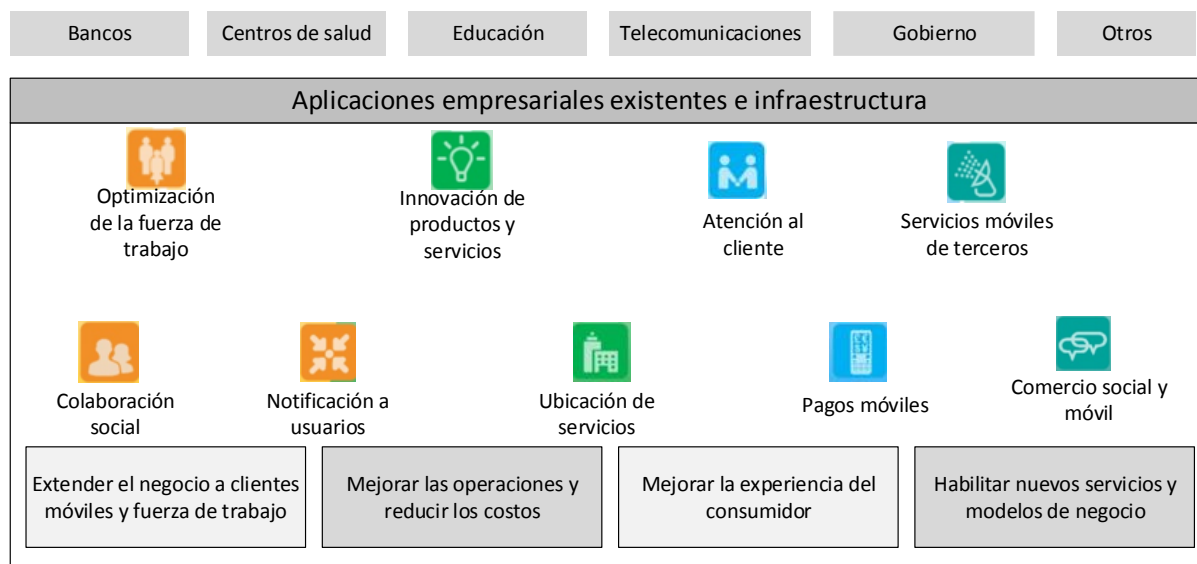


Figura 22. Beneficios del negocio con la movilidad.
Fuente: Adaptado de McLean (2014)

3.4.3 Analítica

Los datos en las instituciones cada vez más van en aumento y el hardware disponible, así como el software para procesar dichos datos se ve limitado, por lo que se deben

implementar nuevas tecnologías que permitan recopilar y procesar los datos para una entrega oportuna de información que permita una adecuada toma de decisiones en los diferentes niveles jerárquicos. El término analítica hace referencia a un mecanismo metódico y eficiente de examinar y estudiar los datos e información disponible en las empresas. La Analítica permite que el gran volumen de datos dispersos en las IES se pueda transformar mediante modelos matemáticos y estadísticos para convertirlos en información significativa. Existen aplicaciones como los sistemas de BI (Inteligencia de Negocio), CRM (Gestión de la relación con el cliente), BPM (Gestión de procesos de negocio), entre otras, que apoyan a la implementación de soluciones de analítica para conseguir la generación de información, modelos predictivos, apoyo a la toma de decisiones a partir de un gran volumen de datos. Muchas veces cuando se habla de soluciones de analítica, se habla de Big Data, y es que este concepto en forma muy simple hace relación al procesamiento de datos a gran escala, en donde los sistemas tradicionales de gestión de datos no pueden dar solución. Esto se debe tener muy presente para no seguir por moda o publicidad el implementar soluciones Big Data en pequeñas o medianas empresas en donde el volumen de datos no justifica el implementar tecnologías de este estilo.

3.4.4 Computación en la nube

A diferencia del modelo tradicional de una IES de mantener sus propios centros de datos para ejecutar sus aplicaciones, gestionar sus redes de comunicación, mantenimiento de hardware y software, el término computación en la nube hace referencia a las aplicaciones, servicios, almacenamiento, recursos de red, servidores, etc. que se adquiere bajo una suscripción o renta a un proveedor tecnológico (Rouse, 2014). La computación en la nube generalmente tiene tres modelos que

permiten: infraestructura como servicio, plataforma como servicio y software como servicio, cuyas características se pueden apreciar en la Figura 23.

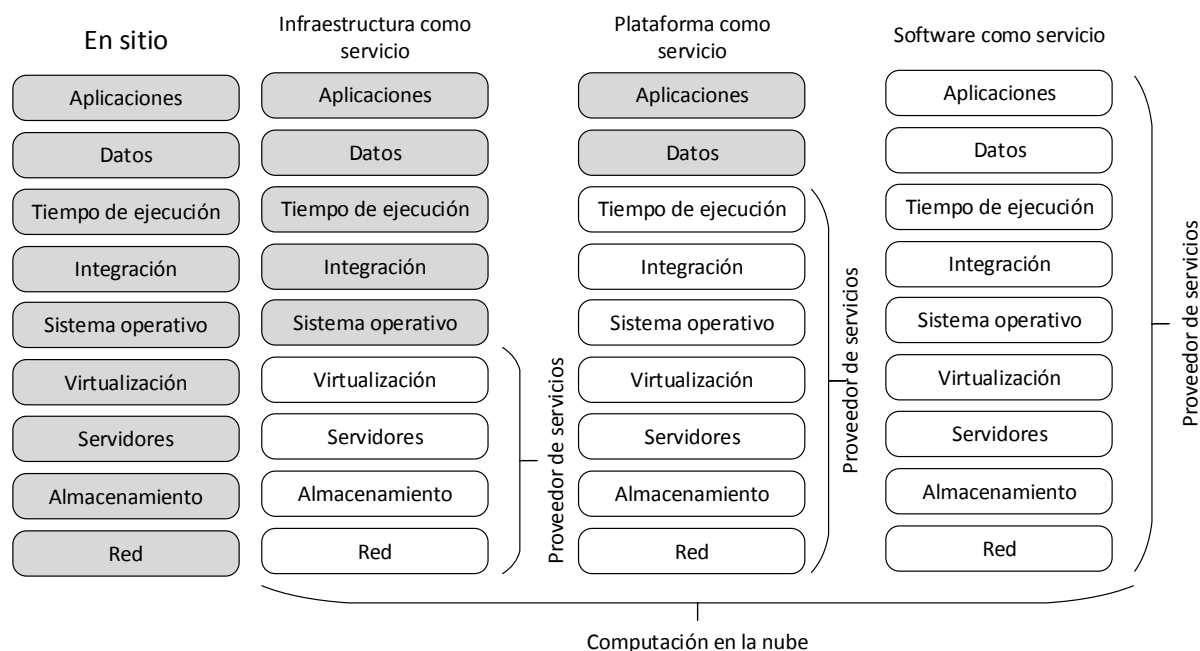


Figura 23. Modelos de Cloud.
Fuente: Adaptado de Lighthouse (s. f.)

Un modelo de nube se puede implementar dependiendo de las necesidades y políticas internas de las IES a lo que se le conoce como modelos de despliegue. De acuerdo a Victories (2015), los modelos de despliegue se pueden clasificar en:

- **Nube pública.** Los servicios de nube pública son provistos sobre una red la cual está abierta para uso del público en general.
- **Nube privada.** Los servicios de nube privada están destinados solamente para uso interno de la organización.
- **Nube Híbrida.** Los servicios de nube híbrida están compuestos por la comunicación de servicios internos (on-premise) y servicios de nube a través de enlaces dedicados como VPN.
- **Nube Comunitaria.** Los servicios de nube comunitaria son compartidos por varias organizaciones para dar soporte a una comunidad en específico.

De acuerdo a National Institute of Standards and Technology (2013), el modelo conceptual de la computación en la nube está representado como un diagrama integrado de componentes a nivel de sistemas, organización y procesos, en donde se puede apreciar los diferentes actores en un modelo de computación en la nube (consumidor, proveedor, auditor, agente del servicio y el intermediario que provee la conectividad), además de las funciones de cada uno de dichos actores. Esta organización de componentes se presenta en la Figura 24.

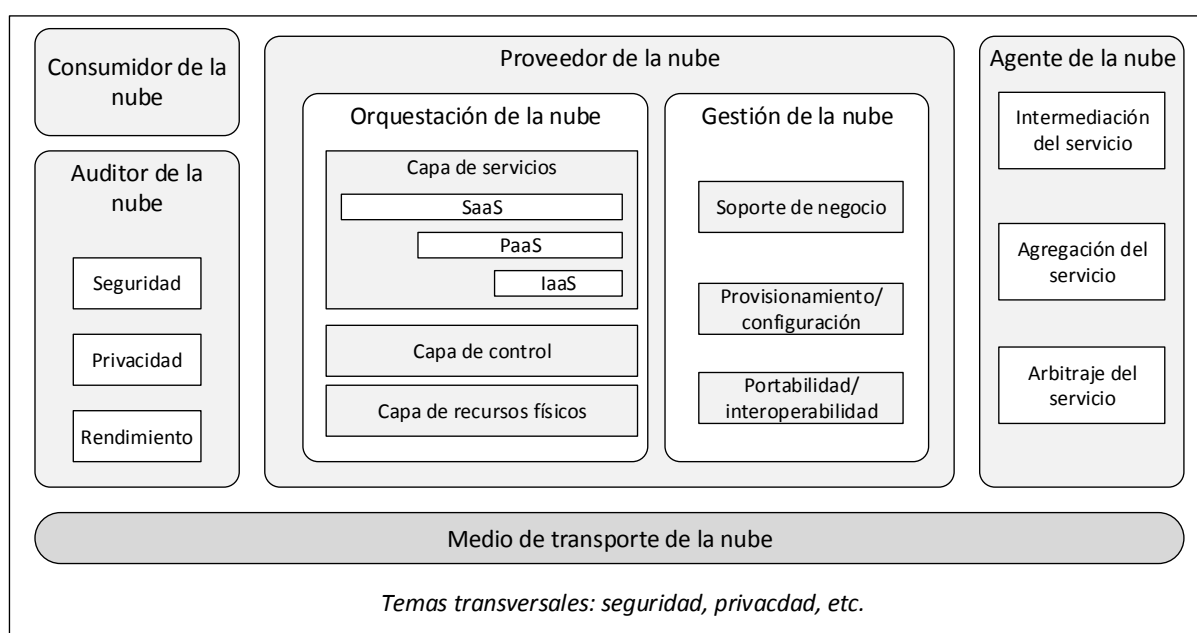


Figura 24. Diagrama conceptual. Computación en la nube.

Fuente: Adaptado de National Institute of Standards and Technology (2013)

3.4.5 Internet de las cosas

El término “internet de las cosas” hace referencia a que la red de redes (internet) permite conectar a un sin número de dispositivos y aparatos adicionales a los ya conocidos como smartphones, computadores personales, tabletas, etc., entre estos dispositivos con capacidades de interconexión se tiene: refrigeradores, cámaras de video, lavadoras, autos, puertas eléctricas, sensores de movimiento, videoconsolas, microondas y muchos más. La conexión de estos dispositivos a través de internet ofrece un abanico de beneficios para las personas y las instituciones; por ejemplo:



desde un teléfono inteligente se puede gestionar la seguridad del hogar, ya sea monitoreando cámaras de video, encendido/apagado de electrodomésticos, regulación de la temperatura del aire acondicionado, en fin, hechos cotidianos de la sociedad.

Para las empresas proveedoras de productos que se conectan a internet, el que las personas adquieran cada vez más estos dispositivos, les ha proporcionado grandes capacidades de innovación, ya que a través de dichos productos pueden capturar datos valiosos para conocer las necesidades de los clientes, sus gustos, preferencias, comportamientos; con el fin de desarrollar servicios comercialmente viables. Tomando en cuenta esta característica se debe poner principal atención en la seguridad de la información personal y en la privacidad, configurando adecuadamente los dispositivos e indicando qué datos exactamente se puede o desea compartir en internet para que efectivamente esta tecnología brinde beneficios que permitan mejorar la calidad de vida de las personas. Particularmente en las IES, esta tecnología se puede aplicar por ejemplo para controlar la asistencia a clases de los docentes a través de una credencial institucional, préstamos/devolución de libros, entre otras aplicaciones.

4. Marco de referencia TOGAF

De acuerdo a la comparativa de los marcos de trabajo de Arquitectura Empresarial referenciada en la sección 3.3.5 del capítulo anterior en la cual se eligió a TOGAF como marco de referencia, es preciso en el presente capítulo especificar los aspectos más relevantes de TOGAF, los mismos que permitirán definir las bases y fundamentos para estructurar el Modelo de Referencia de la Arquitectura de Sistemas de Información para las IES.

En TOGAF el elemento más importante es su método de desarrollo arquitectónico (ADM) y tomando en cuenta que es uno de los métodos más populares en la actualidad para usar como guía o referencia para la implementación de una arquitectura empresarial, es importante dar una descripción general de cada una de las fases identificando sus objetivos, pasos, entradas y salidas para su aplicación en las IES. Para este propósito se tomó como referencia la guía de bolsillo de Josey (2011), la cual describe toda la estructura de TOGAF con el nivel de detalle requerido con el fin de ayudar a los arquitectos a enfocarse en los elementos que aportan valor, generando artefactos que permiten implementar, por fases, una arquitectura empresarial y a seleccionar los elementos enfocados puntualmente a la arquitectura de aplicaciones.

4.1 ADM (Método de desarrollo arquitectónico)

El ADM consiste en varias fases que se desplazan cíclicamente a través de una serie de dominios de arquitectura y permiten al arquitecto asegurar que un conjunto complejo de requerimientos sea abordado adecuadamente (Josey, 2011). El ADM soporta el concepto de iteración en tres niveles:

- Cíclico alrededor de todo el método.
- Iterativo entre fases.
- Cíclico en cada una de las fases.

La estructura básica del ADM se presenta en la Figura 25.

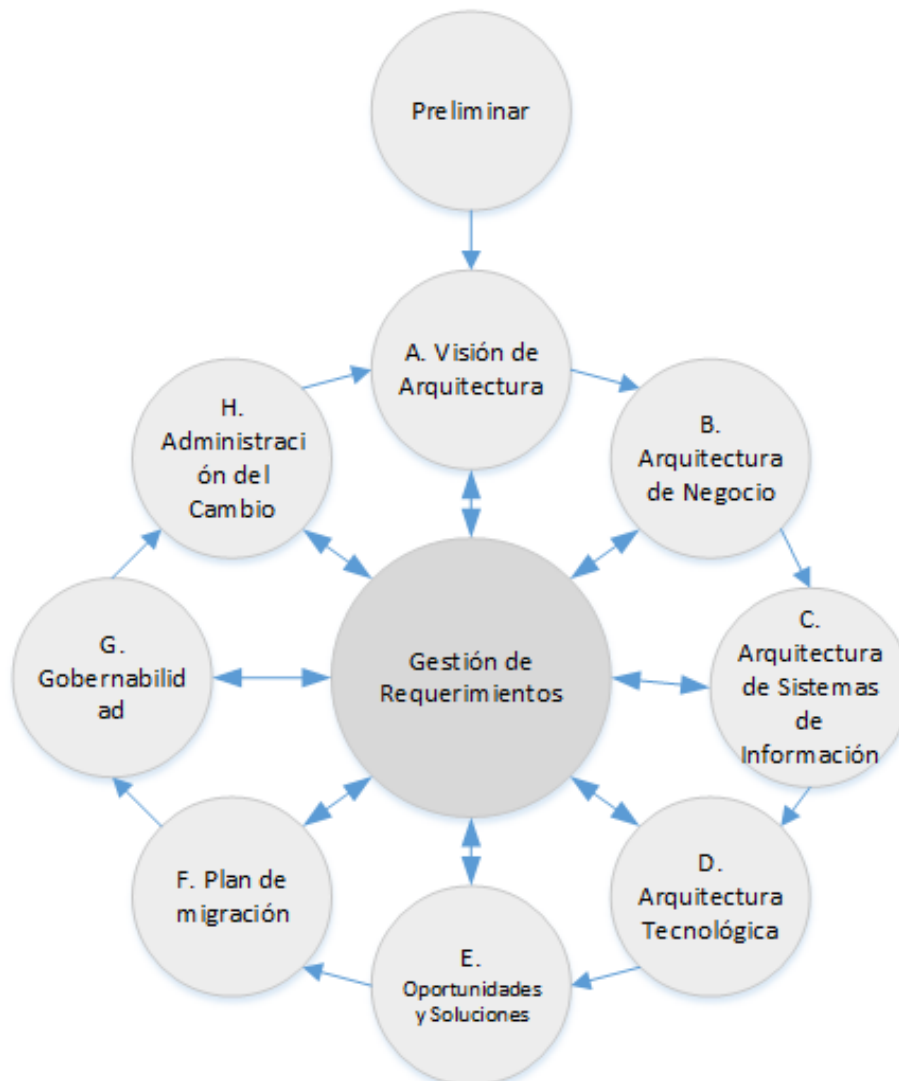


Figura 25. ADM TOGAF
Fuente: Adaptado de The Open Group (2011)

El ADM (Figura 25) involucra algunas fases para implementar una arquitectura empresarial y tomando en cuenta que el objetivo es el definir un modelo de referencia de una Arquitectura de SI para las IES, se presenta a continuación las siguientes fases que aportarán a la definición de dicho modelo: Preliminar, Visión de Arquitectura

y Arquitectura de Sistemas de Información. Las fases restantes del ADM se encuentran descritas en el Anexo 1.

4.1.1 Fase Preliminar

La fase Preliminar prepara a la IES para emprender proyectos de arquitectura empresarial de manera exitosa. Un resumen de la fase se presenta en la Tabla 19.

Tabla 19. Fase Preliminar de ADM

Objetivos	Pasos
<ul style="list-style-type: none">• Determinar las capacidades arquitectónicas deseadas por la organización:<ul style="list-style-type: none">– Examinar el contexto organizacional para implementar la arquitectura empresarial.– Identificar y determinar el alcance de los elementos en las organizaciones de la empresa que serán afectadas por la capacidad arquitectónica.– Identificar los marcos de referencia establecidos, los métodos y los procesos que se entrecruzan con la capacidad arquitectónica.– Establecer el objetivo de madurez de las capacidades.• Establecer las capacidades arquitectónicas:<ul style="list-style-type: none">– Definir y establecer el modelo organizacional para la arquitectura empresarial.– Definir y establecer el proceso detallado y los recursos para el gobierno de la arquitectura.– Seleccionar y poner en práctica las herramientas que apoyan la actividad arquitectónica.– Definir los principios arquitectónicos.	<ul style="list-style-type: none">• Determinar las organizaciones de la empresa que serán impactadas.• Confirmar los marcos de referencia de gobierno y de soporte adicional.• Definir y establecer el equipo de arquitectura empresarial y su organización.• Identificar y establecer los principios de arquitectura.• Adaptar TOGAF y, si es necesario, otros marcos de referencia de arquitectura seleccionados.• Implementar herramientas de arquitectura.
Entradas	Salidas
<ul style="list-style-type: none">• TOGAF• Otro(s) marco(s) de referencia de arquitectura• Estrategias del consejo organizacional, planes de negocio, estrategia de negocio estrategia de TI, principios de negocio, objetivos de negocio y motivaciones de negocio• Marcos de referencia de gobierno y legales.• Capacidades arquitectónicas.• Acuerdos de asociación y contratos. Modelo organizacional de la arquitectura empresarial existente.• Marco de referencia de arquitectura existente, si lo hay, incluyendo:<ul style="list-style-type: none">– Método de arquitectura.– Contenidos de arquitectura.– Herramientas configuradas e implementadas.– Principios arquitectónicos.– Repositorio arquitectónico.	<ul style="list-style-type: none">• Modelo organizacional de arquitectura empresarial.• Marco de referencia de arquitectura adaptado, incluyendo los principios arquitectónicos.• Repositorio de arquitectura inicial.• Reafirmación o referencia de los principios de negocio, objetivos de negocio y motivaciones de negocio.• Petición de trabajo arquitectónico.• Marco de referencia de gobierno.

Fuente: Tomado de Josey (2011)

4.1.2 Fase A. Visión de la arquitectura

En la Fase A se establece e inicia una iteración del ciclo de desarrollo de la arquitectura, definiendo el alcance, limitaciones y expectativas de la iteración. Se ejecuta con el objetivo de validar el contexto del negocio y obtener una declaración de trabajo arquitectónico aprobada. En la Tabla 20 se especifica sus objetivos, pasos, entradas y salidas.

Tabla 20. Fase A. Visión de la Arquitectura

Objetivos	Pasos
<ul style="list-style-type: none">• Desarrollar una visión de alto nivel de las capacidades y el valor del negocio que se desean obtener como resultado de la Arquitectura Empresarial propuesta.• Obtener la aprobación de la declaración del trabajo arquitectónico, que define un programa de trabajo para desarrollar e implementar la arquitectura descrita en la Visión Arquitectónica.	<ul style="list-style-type: none">• Establecer el proyecto de arquitectura• Identificar a los interesados, las preocupaciones y los requerimientos.• Confirmar y elaborar objetivos de negocio, motivaciones de negocio y limitaciones.• Evaluar las capacidades del negocio.• Evaluar la preparación para la transformación del negocio.• Definir el alcance.• Confirmar y elaborar principios de arquitectura.• Desarrollar la visión de la arquitectura.• Definir las propuestas de valor de la arquitectura de destino e indicadores clave de desempeño• Identificar los riesgos de la transformación del negocio y las actividades de mitigación• Desarrollar la declaración de trabajo de arquitectura; asegurar su aprobación.
Entradas	Salidas
<ul style="list-style-type: none">• Petición de trabajo arquitectónico.• Principios de negocio, objetivos de negocio y motivaciones de negocio.• Modelo organizacional de la arquitectura empresarial.• Marco de referencia de arquitectura adaptado, incluyendo adaptación del método de la arquitectura, contenido de arquitectura, principios arquitectónicos, herramientas configuradas e implementadas.• Repositorio de la arquitectura lleno con la documentación de la arquitectura existente (descripción del marco de referencia, descripciones de arquitectura, descripciones de la línea de base).	<ul style="list-style-type: none">• Declaración de trabajo de arquitectura aprobada.• Declaraciones refinadas de principios de negocio, objetivos de negocio y motivaciones de negocio.• Principios de arquitectura.• Evaluación de capacidades.• Marco de referencia de arquitectura adaptado.• Visión de la arquitectura, incluyendo:<ul style="list-style-type: none">– Requerimientos clave refinados y de alto nivel de los interesados.• Versión preliminar del documento de definición de arquitectura, incluyendo (si está dentro del alcance):<ul style="list-style-type: none">– Arquitectura de negocio, datos, aplicación y tecnológica de la línea de base (de alto nivel).– Arquitectura de negocio, datos, aplicación y tecnológica de destino (de alto nivel).– Plan de comunicaciones.

Fuente: Tomado de Josey (2011)

4.1.3 Fase C. Arquitectura de sistemas de información

La Fase C aborda la documentación de la organización fundamental de los sistemas de TI, representada por los principales tipos de SI o aplicaciones. Esta fase está conformada por dos subtipos de arquitectura que son:

- Arquitectura de datos (Ver Tabla 21)
- Arquitectura de aplicación (Ver Tabla 22)

Tabla 21. Fase C. Arquitectura de Datos.

Objetivos	Pasos
<ul style="list-style-type: none">• Desarrollar una arquitectura de datos de destino que sea funcional a la arquitectura de negocio y a la visión de arquitectura, y que responda a la vez a la petición de trabajo de arquitectura y a las preocupaciones de los interesados• Identificar los componentes candidatos que podrían conformar el plan de itinerario de arquitectura basándose en las brechas identificadas entre la arquitectura de datos de la línea de base y la arquitectura de datos de destino	<ul style="list-style-type: none">• Seleccionar modelos de referencia, puntos de vista y herramientas.• Desarrollar la descripción de la arquitectura de datos de la línea de base.• Desarrollar la descripción de la arquitectura de datos futura.• Realizar un análisis de brechas.• Definir los componentes candidatos que conforman el plan de Itinerario.• Resolver los impactos al panorama de arquitectura.• Conducir una revisión formal con los interesados.• Finalizar la arquitectura de datos.• Crear el documento de definición de arquitectura.
Entradas	Salidas
<ul style="list-style-type: none">• Petición de trabajo arquitectónico.• Evaluación de capacidades.• Plan de comunicaciones.• Modelo organizacional de arquitectura empresarial• Marco de referencia de arquitectura adaptado.• Principios de datos.• Declaración de trabajo arquitectónico.• Visión de la arquitectura.• Repositorio arquitectónico.• Versión preliminar del documento de definición arquitectónica, conteniendo:<ul style="list-style-type: none">– Arquitectura de negocio, datos, aplicación y tecnológica de la línea de base (de alto nivel).– Arquitectura de negocio, datos, aplicación y tecnológica de destino (de alto nivel).• Especificación preliminar de requerimientos de arquitectura, incluyendo:<ul style="list-style-type: none">– Resultados del análisis de brechas.– Requerimientos técnicos relevantes.– Componentes de la arquitectura de negocio que son parte del plan de itinerario de arquitectura.	<ul style="list-style-type: none">• Declaración de trabajo arquitectónico actualizada si fuera necesario.• Principios de datos validados.• Versión preliminar del documento de definición de arquitectura, conteniendo:<ul style="list-style-type: none">– Arquitectura de datos de la línea de base.– Arquitectura de datos de destino.– Vistas de la arquitectura de datos de acuerdo a las preocupaciones clave de los interesados.• Versión preliminar de la especificación de los requerimientos de arquitectura, incluyendo actualizaciones de contenido:<ul style="list-style-type: none">– Resultados del análisis de brechas.– Requerimientos de interoperabilidad de datos.– Requerimientos técnicos relevantes.– Limitaciones tecnológicas.– Requerimientos de negocio actualizados.– Requerimientos de aplicación.– Componentes de la arquitectura de datos que son parte del plan de Itinerario de arquitectura

Fuente: Tomado de Josey (2011)

Tabla 22. Fase C. Arquitectura de Aplicaciones.

Objetivos	Pasos
<ul style="list-style-type: none"> Desarrollar una arquitectura de aplicaciones futura que sea funcional a la arquitectura de negocio, a la visión arquitectónica, y que responda a la petición de trabajo arquitectónico y a las preocupaciones de los interesados. Identificar componentes candidatos del plan de itinerario de arquitectura basándose en las brechas identificadas entre la arquitectura de aplicaciones de la línea de base y la arquitectura de aplicación de destino. 	<ul style="list-style-type: none"> Seleccionar modelos de referencia, puntos de vista y herramientas. Desarrollar la descripción de la arquitectura de aplicación de la línea de base. Desarrollar la descripción de la arquitectura de aplicación de destino. Realizar el análisis de brechas. Definir los componentes candidatos que conforman el plan de itinerario. Resolver los impactos al panorama de arquitectura. Conducir una revisión formal con los interesados. Finalizar la arquitectura de aplicación. Crear el documento de definición de arquitectura.
Entradas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> Petición de trabajo de arquitectura. Evaluación de capacidades. Plan de comunicaciones. Modelo Organizacional de arquitectura empresarial. Marco de referencia de arquitectura adaptado. Principios de aplicación. Declaración de trabajo de arquitectura. Visión de la arquitectura. Repositorio de arquitectura. Documento preliminar de definición de la arquitectura, conteniendo: <ul style="list-style-type: none"> Arquitectura de negocio, datos, aplicación y tecnológica de la línea de base (de alto nivel). Arquitectura de negocio, datos, aplicación y tecnológica de destino (de alto nivel). Especificación preliminar de los requerimientos de arquitectura, incluyendo: <ul style="list-style-type: none"> Resultados del análisis de brechas. Requerimientos técnicos relevantes. Componentes de arquitectura de negocio y de arquitectura de datos en el plan de itinerario de arquitectura. 	<ul style="list-style-type: none"> Declaración de trabajo de arquitectura, actualizado si fuera necesario. Principios de aplicación validados o nuevos principios de aplicación, conteniendo: <ul style="list-style-type: none"> Arquitectura de aplicación de la línea de base. Arquitectura de aplicación de destino. Vistas de arquitectura de aplicación correspondientes a puntos de vista seleccionados que responden a las preocupaciones clave de los interesados. Especificación preliminar de requerimientos de arquitectura incluyendo actualizaciones de contenido: <ul style="list-style-type: none"> Resultados del análisis de brechas. Requerimientos de interoperabilidad de aplicaciones. Requerimientos técnicos relevantes que se aplicarán a esta evolución del ciclo de desarrollo de arquitectura. Limitaciones en arquitectura tecnológica. Requerimientos de negocio actualizados. Requerimientos de datos actualizados. Componentes de la arquitectura de aplicación del plan de itinerario de arquitectura.

Fuente: Tomado de Josey (2011)

4.2 Guías y técnicas de ADM

En esta sección se resume las guías para adaptar el proceso ADM, así como también las técnicas para el desarrollo arquitectónico.

4.2.1 Guías para adaptar ADM

El proceso ADM puede ser adaptado para contemplar diferentes escenarios que se presentan en las IES, a través de lineamientos, directrices y estrategias, para una correcta ejecución del método arquitectónico.

En la Tabla 23 se listan las principales guías o directrices.

Tabla 23. Guías para adaptar ADM

Guía	Descripción
Aplicando la iteración a ADM	Se enfoca en los conceptos de las iteraciones e indica estrategias potenciales para aplicar conceptos iterativos al proceso ADM.
Aplicando ADM a los diferentes niveles de la empresa	Trata de los diferentes tipos de arquitectura que se pueden presentar en los distintos niveles de la empresa.
Arquitectura de Seguridad y ADM	Provee una visión general de las consideraciones de seguridad que deberían ser contempladas durante las diferentes fases de ADM.
Usando TOGAF para definir y gobernar SOA	Indica cómo los conceptos SOA pueden ser soportados por el marco de trabajo TOGAF, expone consideraciones específicas de SOA para las diferentes fases de ADM.

Fuente: Adaptado de The Open Group (2011)

4.2.2 Técnicas para el desarrollo arquitectónico

Las técnicas más comunes para soportar tareas específicas dentro del proceso de ADM se presentan en la Tabla 24.

Tabla 24. Técnicas ADM

Técnica	Descripción
Principios Arquitectónicos	Principios para el uso y despliegue de los recursos de TI a través de la empresa. Describe cómo desarrollar el conjunto general de reglas y guías para que la arquitectura sea desarrollada.
Gestión de los interesados	Describe la gestión de los interesados, una disciplina importante para ganar soporte a los proyectos de arquitectura.
Patrones arquitectónicos	Provee una guía para el uso de los diferentes patrones arquitectónicos
Escenarios de negocio	Describe la técnica de escenarios de negocio, un método para derivar los requerimientos del negocio para la arquitectura, así como los requerimientos técnicos implícitos.
Análisis de brechas	Describe la técnica de análisis de brechas comúnmente conocida como análisis GAP. Es ampliamente usado por ADM para validar una arquitectura que está siendo desarrollada.

Técnicas del plan de migración	Describe un número de técnicas para soportar el plan de migración de las Fases E y F de ADM.
Interoperabilidad de requerimientos	Describe la técnica para determinar la interoperabilidad de los requerimientos, entendiéndose por interoperabilidad como la habilidad para compartir información y servicios.
Evaluación para la transformación del negocio	Describe la técnica para identificar las cuestiones o incidencias para la transformación del negocio.
Gestión de riesgos	Describe la técnica para la gestión de riesgos durante el proyecto de transformación arquitectura/negocio.
Planificación basada en la capacidad	Describe una técnica que se enfoca en la planificación, ingeniería y entrega de capacidades de negocio estratégicas de la empresa.

Fuente: Adaptado de The Open Group (2011)

4.3 Marco de referencia de contenido arquitectónico

El marco de referencia de contenido arquitectónico provee un modelo estructural para el contenido arquitectónico que permite que los productos principales creados por el arquitecto sean definidos de forma consistente y estructurada (The Open Group, 2011).

El contenido arquitectónico usa las tres categorías especificadas en la Tabla 25 para describir el tipo de producto que es el resultado del trabajo de arquitectura.

Tabla 25. Clasificación del contenido arquitectónico

Categoría	Descripción
Entregable	Es un producto de trabajo que es contractualmente especificado y formalizado para su revisión, acuerdo y firma por parte de los interesados.
Artefacto	Es un producto resultado del trabajo arquitectónico. Los artefactos son generalmente clasificados como: catálogos, matrices y diagramas; por ejemplo: catálogo de requerimientos, matriz de interacciones de negocio y un diagrama de caso de uso. Un entregable arquitectónico puede contener muchos artefactos, y los artefactos formarán el contenido del Repositorio de Arquitectura.
Bloque de construcción	de Representa un componente usualmente reutilizable de negocio, de TI, o una capacidad arquitectónica que puede ser combinada con otro bloque de construcción para ofrecer arquitecturas y soluciones. Los bloques de construcción pueden definirse en varios niveles de detalle dependiendo de la fase de desarrollo arquitectónico. Por ejemplo, en una fase temprana un bloque de construcción puede consistir simplemente por un nombre, luego puede ser acompañado de una especificación completa.

Fuente: Adaptado de Josey (2011)

La relación de los elementos antes descritos (entregables, artefactos y bloques de construcción) se representa en la Figura 26.

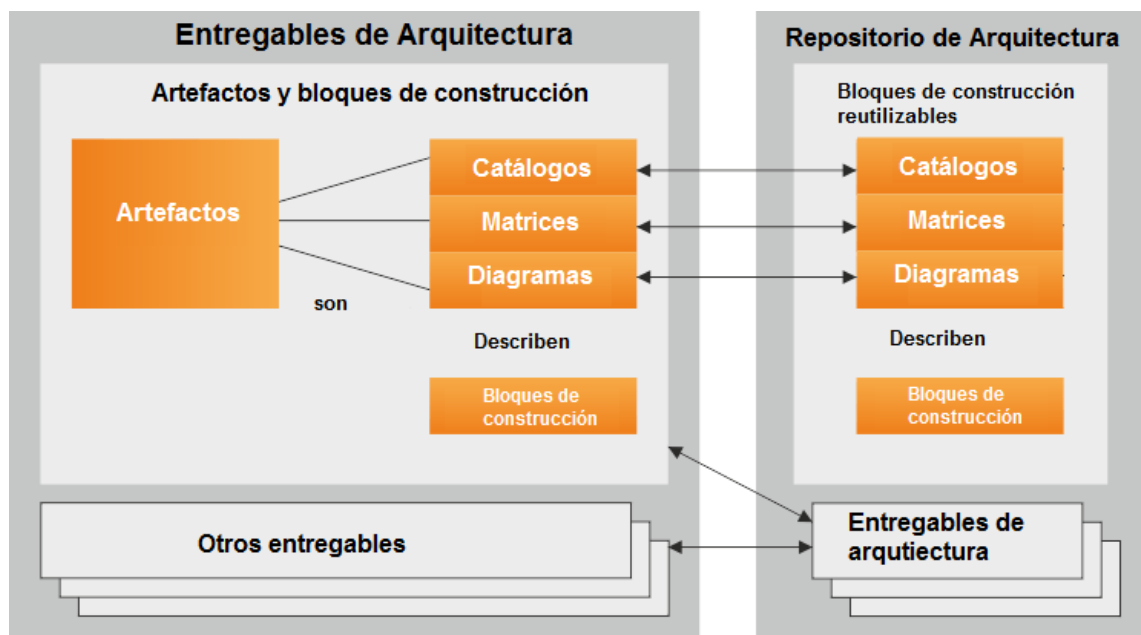


Figura 26. Relación entre entregables, artefactos y bloques de construcción
Fuente: Adaptado de The Open Group (2011)

En el Anexo 2 se listan los entregables por cada una de las fases del proceso ADM, así como también se explica más a detalle los artefactos y los bloques de construcción.

4.4 El continuum de empresa y herramientas.

De acuerdo a Josey (2011) resulta imposible crear una arquitectura unificada que cumpla con todos los requerimientos de todos los interesados. Por lo tanto, el arquitecto empresarial necesitará lidiar no solo con una simple arquitectura empresarial sino con muchas arquitecturas empresariales relacionadas que cambian con el tiempo. El delimitador de alcance de una arquitectura se constituye en un factor crítico del éxito, permitiendo a los arquitectos descomponer un problema complejo en componentes manejables que pueden ser direccionados individualmente.

El continuum de empresa provee una vista del repositorio de arquitectura que muestra la evolución de las arquitecturas relacionadas desde lo genérico a lo específico, desde lo abstracto a lo concreto y desde lo lógico a lo físico.

Una visión general del contexto y de los componentes del continuum de empresa se indica en la Figura 27.

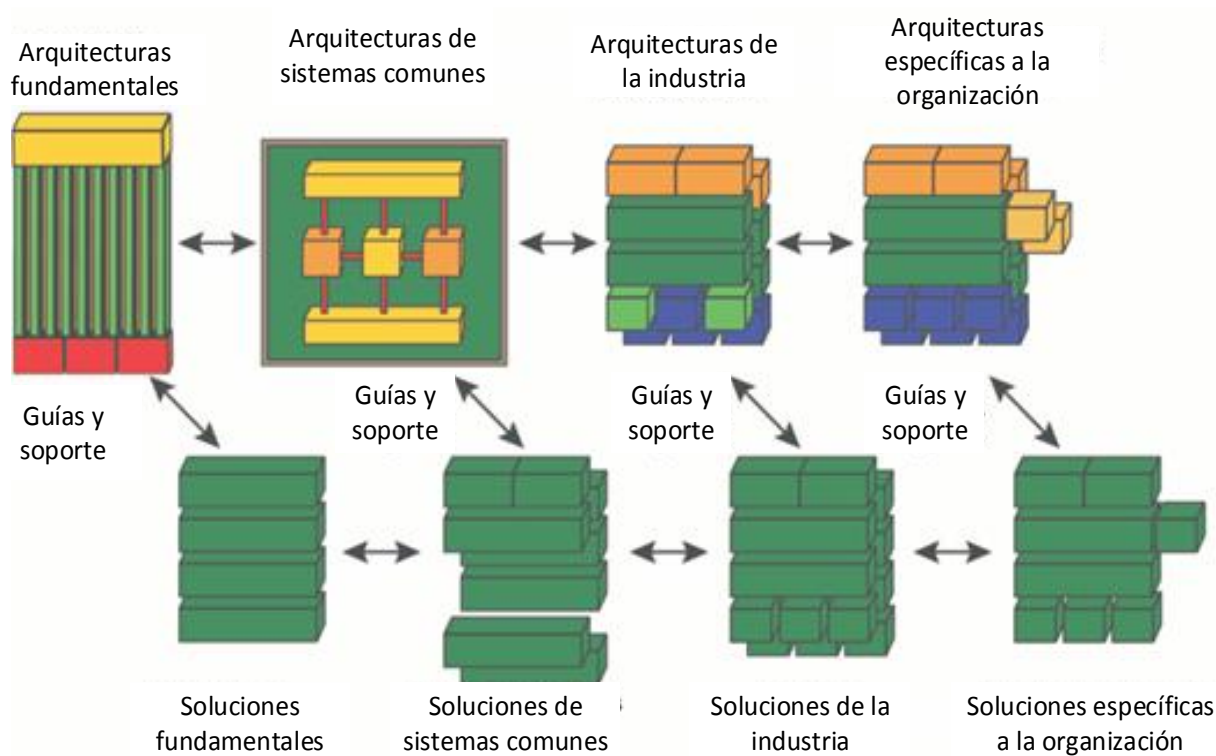


Figura 27. Continuum de empresa
Fuente: Tomado de The Open Group (2011)

En la Tabla 26 se describen los elementos más relevantes del continuum empresarial.

Tabla 26. Elementos del Continuum Empresarial

Elemento del Continuum Empresarial	Descripción
El continuum de empresa	Clasifica los activos relacionados al contexto de toda la arquitectura empresarial. Estos activos son usados para el desarrollo de arquitecturas, políticas, estándares, iniciativas estratégicas, estructuras organizacionales y capacidades de nivel empresarial.
El continuum de arquitectura	Ofrece una forma consistente para definir y entender las reglas, representaciones y relaciones en una arquitectura. El continuum de arquitectura representa una estructura de bloques de construcción arquitectónicos los cuales son activos reutilizables, además indica las relaciones entre marcos de trabajo de arquitectura empresarial, arquitecturas de sistemas comunes y arquitecturas de la industria, convirtiéndose en una herramienta útil para descubrir y eliminar redundancia innecesaria.
El continuum de soluciones	El continuum de soluciones define qué está disponible en el ambiente organizacional como bloques de construcción de soluciones reutilizables. Las soluciones son el resultado de acuerdos entre clientes y partners del negocio que implementan las reglas y relaciones definidas en la arquitectura. El continuum de soluciones direcciona las cosas comunes y diferencias entre los productos, sistemas y los servicios de los sistemas ya implementados.

Fuente: Adaptado de Josey (2011)

4.5 Modelos de referencia

En esta sección se describe el modelo de referencia técnico (TRM) y el modelo de referencia de infraestructura de información integrada (III-RM).

4.5.1 Modelo de referencia técnico (TRM)

El TRM provee un modelo y taxonomía de una plataforma genérica de servicios sobre los cuales se pueden construir componentes arquitectónicos que formarán parte de la solución integral. El TRM está compuesto de dos elementos principales: (1) una taxonomía, la cual especifica la clasificación y provee una descripción de los componentes y la estructura conceptual de un sistema de información; y (2) un gráfico TRM, el cual provee una representación visual de la taxonomía. En la Figura 28 se puede apreciar el TRM.

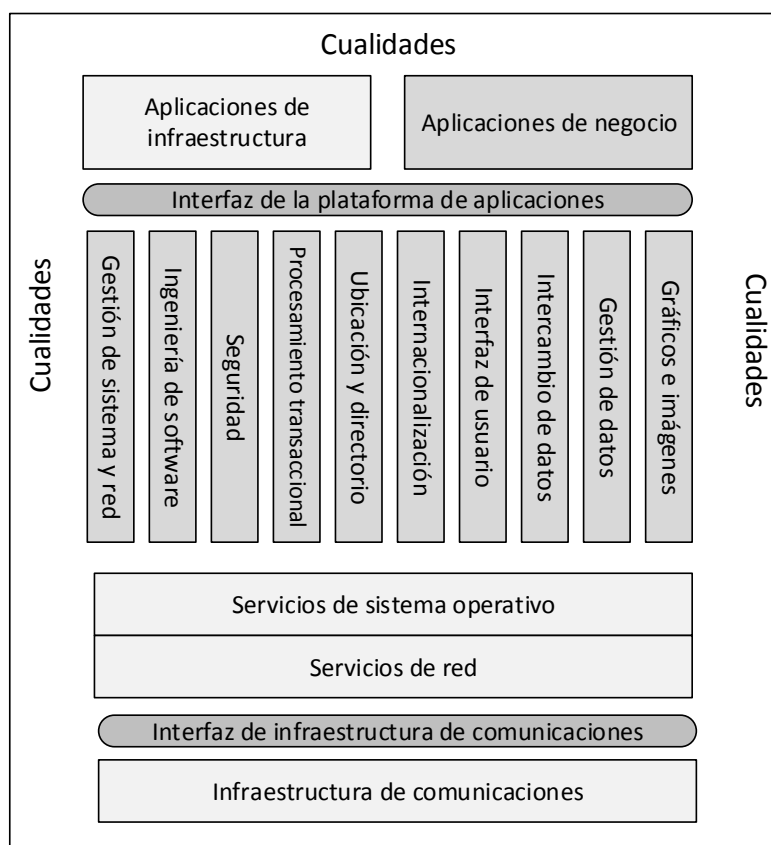


Figura 28. Modelo de referencia técnico (TRM)
Fuente: Adaptado de The Open Group (2011)

Los elementos principales del TRM se presentan en la Tabla 27.

Tabla 27. Elementos del TRM

Elemento	Descripción
Aplicaciones de Software	Aplicaciones empresariales. - los cuales implementan procesos de negocio para una empresa en particular o industria vertical. La estructura interna de la aplicación empresarial está estrechamente configurada para la empresa específica Aplicaciones de infraestructura. - proporcionan funcionalidad empresarial de uso general, con base en los servicios de infraestructura
Plataforma de Aplicaciones	Desde el punto de vista de TOGAF TRM, la plataforma de aplicación contiene todos los posibles servicios que posee la empresa, y en una arquitectura objetivo contiene únicamente los servicios necesarios para soportar las funciones requeridas.
Infraestructura de Comunicaciones	La infraestructura de comunicaciones brinda los servicios básicos para interconectar sistemas y mecanismos para el intercambio de información. Esta contiene todos los componentes de software y hardware capaces de mantener los sistemas enlazados en toda la red.
Interfaz de la Plataforma de Aplicaciones	La Interfaz de la plataforma de aplicaciones (API) especifica una completa representación de las interfaces entre las aplicaciones de software y la plataforma subyacente de aplicaciones la cual brinda todos los servicios. El API deberá especificar la sintaxis y la semántica no solo de las interfaces programadas sino también de todos los protocolos necesarios y la estructura de datos, para el intercambio de información.
Interfaz de la infraestructura de comunicación	La interfaz de la infraestructura de comunicación es el canal entre la plataforma de aplicación y la infraestructura de comunicación. El modelo hace hincapié en la importancia de centrarse en el conjunto básico de servicios que pueden ser garantizados, con el apoyo de todas las redes basadas en IP como la base sobre la cual construir entornos informáticos empresariales interoperables.

Fuente: Adaptado de Josey (2011)

4.5.2 Modelo de referencia de infraestructura de información integrado (III-RM)

El III-RM se enfoca en el espacio del software de aplicación y en arquitecturas de sistemas comunes. El III-RM puede ser visto como un subconjunto del TRM, aunque también expande ciertas partes del TRM.

La representación gráfica del III-RM se puede apreciar en la Figura 29, en donde se especifica un modelo de referencia de arquitectura de aplicaciones, es decir un modelo de componentes y servicios de aplicación para una infraestructura de información integrada.

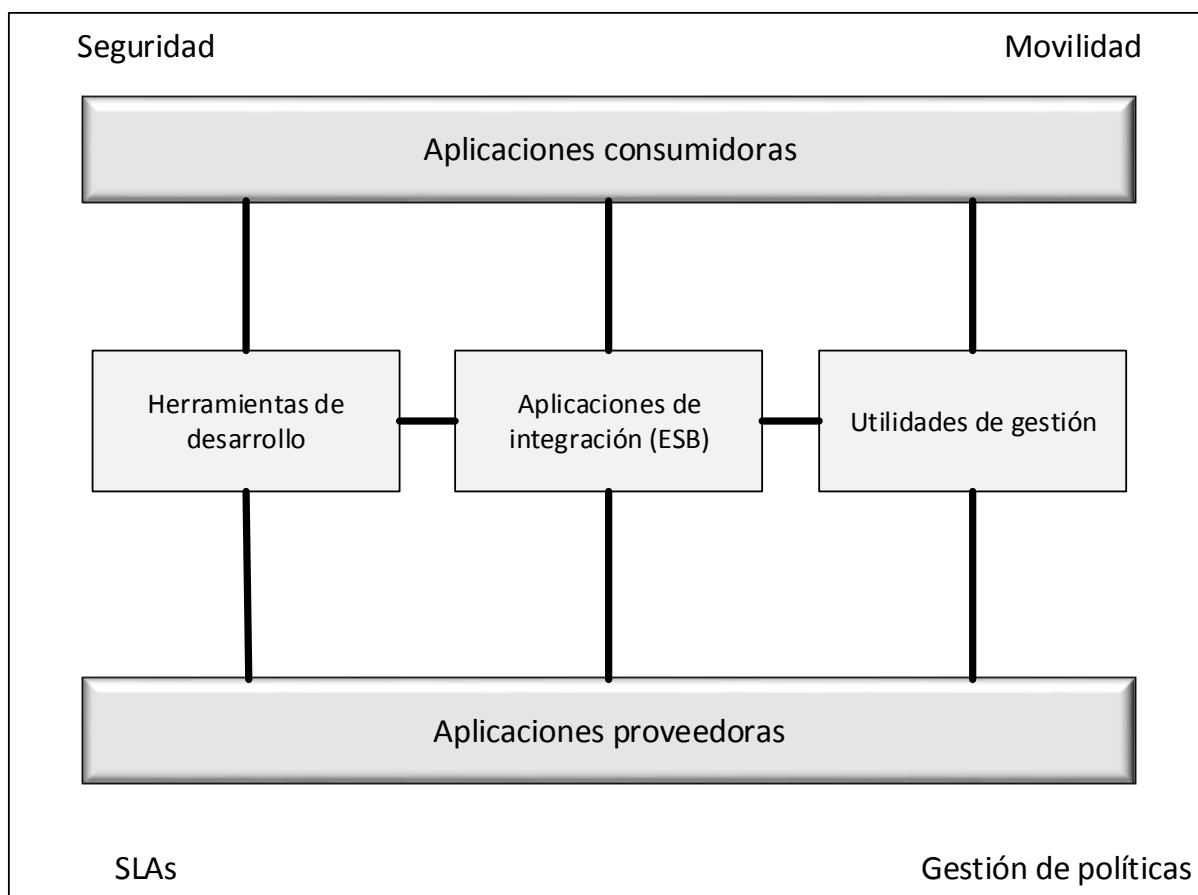


Figura 29. Modelo de referencia de Infraestructura de Información Integrada (III-RM)

Fuente: Adaptado de The Open Group (2011)

4.6 Marco de referencia de capacidad arquitectónica

Con el fin de operar con éxito las funciones arquitectónicas, la institución debe contar o empezar a poner en marcha estructuras apropiadas de organización tales como procesos, roles, responsabilidades y habilidades para realizar la capacidad arquitectónica. El marco de referencia de capacidad arquitectónica brinda un conjunto de materiales que sirven de guía para establecer una función arquitectónica. En la Figura 30 se presenta su estructura.

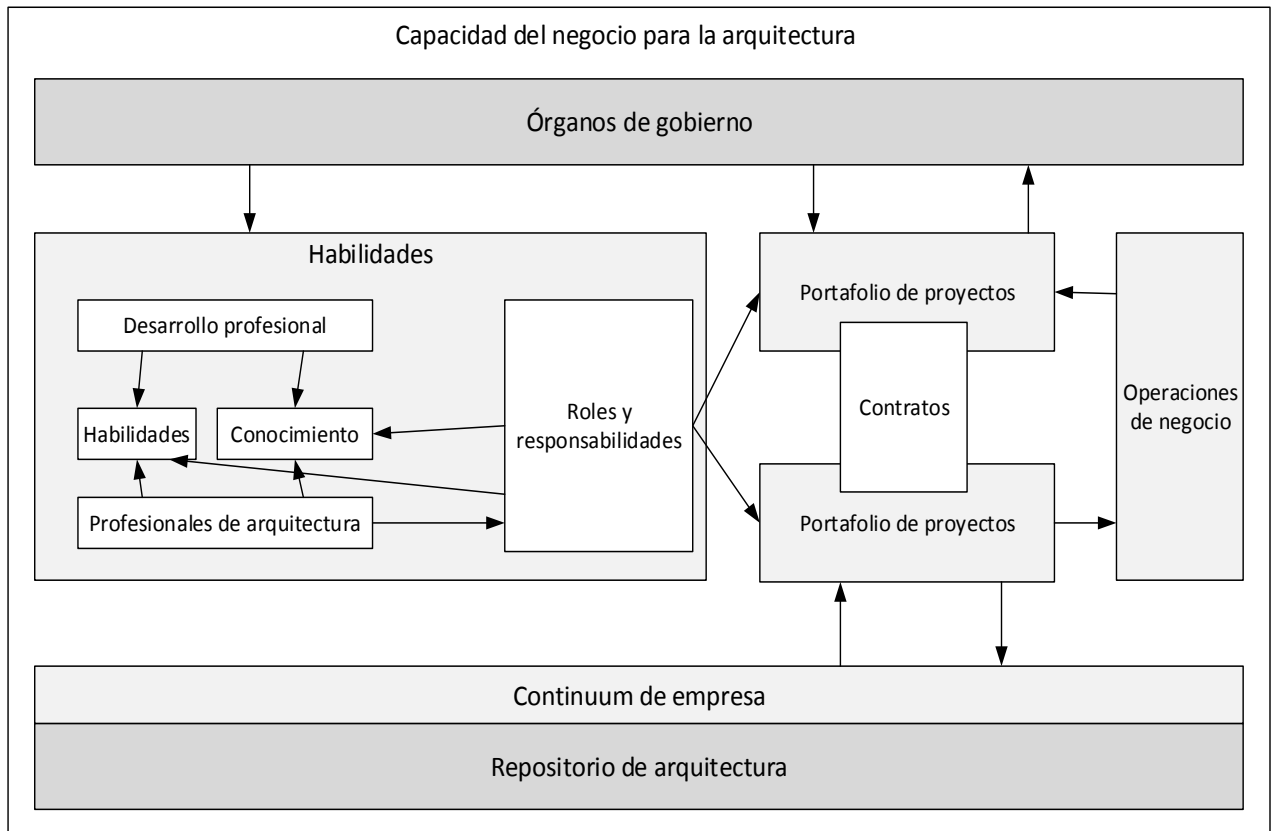


Figura 30. Madurez de la capacidad arquitectónica
Fuente: Adaptado de The Open Group (2011)

El establecimiento de una capacidad arquitectónica de la empresa es apoyado por el ADM. El uso útil del ADM brinda una arquitectura sostenible centrada en el cliente, con valor agregado para la institución, lo que permite al negocio maximizar el valor de las inversiones e identificar de manera proactiva las oportunidades y una adecuada gestión de riesgos.

La capacidad arquitectónica se la lleva en paralelo con el ADM y la implementación de cualquier capacidad requeriría el diseño de los cuatro dominios arquitectónicos: negocios, datos, aplicaciones y tecnología. Por lo tanto, el establecer la práctica de la arquitectura dentro de una IES requeriría el diseño de las cuatro arquitecturas que se especifican en la Tabla 28.



Tabla 28. Estructura de la arquitectura empresarial.

Tipo de arquitectura	Descripción
Arquitectura de negocio	Que destacará la arquitectura de gobierno, los procesos, la estructura organizacional, los requerimientos de información, los productos arquitectónicos, etc.
Arquitectura de datos	Que definirá la estructura del <i>continuum</i> de empresa y el repositorio arquitectónico.
Arquitectura de aplicaciones	Que especificará as funcionalidades y/o servicios de aplicación requeridos para permitir la práctica arquitectónica.
Arquitectura tecnológica	Que representará la infraestructura requerida para la práctica arquitectónica, apoyo de la arquitectura de aplicaciones y el <i>continuum</i> de empresa.

Fuente: Adaptado de Josey (2011)

5. Modelo de referencia para la Arquitectura de Sistemas de Información de las IES

Para el modelo de referencia de la arquitectura de sistemas de información se tomará como base el esquema de contenidos de las fases *Preliminar*, de *Visión* y de *Arquitectura de Sistemas de Información* del método de desarrollo arquitectónico (ADM) descrito en el capítulo anterior, adaptándolo a la realidad de las IES. Esto con el fin de proporcionar un modelo ágil que sirva como referencia para la definición de la arquitectura de aplicaciones, describiendo el proceso, artefactos y entregables a generar por cada una de las fases, así como las actividades a ejecutar. El objetivo que se persigue es que el modelo propuesto contemple los siguientes aspectos:

- Los beneficios que la arquitectura de aplicaciones puede brindar a la institución.
- El posicionamiento que debe tener la arquitectura de aplicaciones como una disciplina y su relación con otros tipos de arquitectura como: arquitectura de negocios, arquitectura de información y la arquitectura de infraestructura.
- Proveer un paso a paso de cada una de las fases para la definición de la arquitectura de aplicaciones.

Una efectiva arquitectura de sistemas de información permitirá a las IES desarrollar su ambiente tecnológico basado en su planificación y líneas estratégicas, así como tener la habilidad para reaccionar rápidamente a los cambios de negocio tanto internos como externos y a la adopción de nuevas tecnologías sin mayor impacto al modelo operativo de la institución.

En las siguientes secciones se presenta una visión general del modelo propuesto, luego se realiza una descripción de cada una de las fases y finalmente, como caso de estudio, se aplica el modelo a la Universidad Técnica Particular de Loja.

5.1 Visión general del modelo

El modelo propuesto para la definición de la Arquitectura de Sistemas de Información permite diseñar un nuevo esquema arquitectónico de las aplicaciones alineadas a los procesos de las IES y así ayudar a la consecución de sus objetivos estratégicos. Para este fin se toma como referencia las iteraciones de Contexto y Definición Arquitectónica del ADM de TOGAF y puntualmente de las fases: Preliminar, Visión y Arquitectura de Sistemas de Información, en las cuales se ha definido sus entradas, pasos y salidas para consolidar el proceso arquitectónico que permita el diseño, planificación, implementación y mantenibilidad de las aplicaciones. En la Tabla 29 se resume el objetivo de cada una de las fases del modelo.

Tabla 29. Fases del Modelo de Arquitectura de Sistemas de Información.

Fases	Descripción
Preliminar	En esta fase se conoce a la organización de forma general para poder disponer del plan estratégico y sus objetivos con el fin de alinear los esfuerzos destinados para el desarrollo de la arquitectura de los sistemas de información. En esta fase se arma el equipo de trabajo y se definen los principios arquitectónicos.
Visionamiento arquitectónico	En esta fase se plantea la visión de la arquitectura en base a los requerimientos más relevantes del negocio identificando interesados y restricciones arquitectónicas. En esta fase se define el alcance y su aprobación.
Arquitectura de sistemas de información	En esta fase se realiza un diagnóstico del estado actual de los sistemas de información identificando los principales problemas o puntos de mejora en cada uno de los sistemas y su impacto en el negocio. Se define la arquitectura futura, el análisis de brechas y la validación arquitectónica.

Fuente: El autor

En la Figura 31 se presenta todas las fases del ADM y se ha resaltado las tres fases del modelo propuesto adaptando y priorizando las actividades, así como los entregables necesarios para la definición de la arquitectura de aplicaciones. Se ha

resaltado también la fase de Gestión de Requerimientos ya que contempla actividades transversales al trabajo arquitectónico realizado en las otras fases.

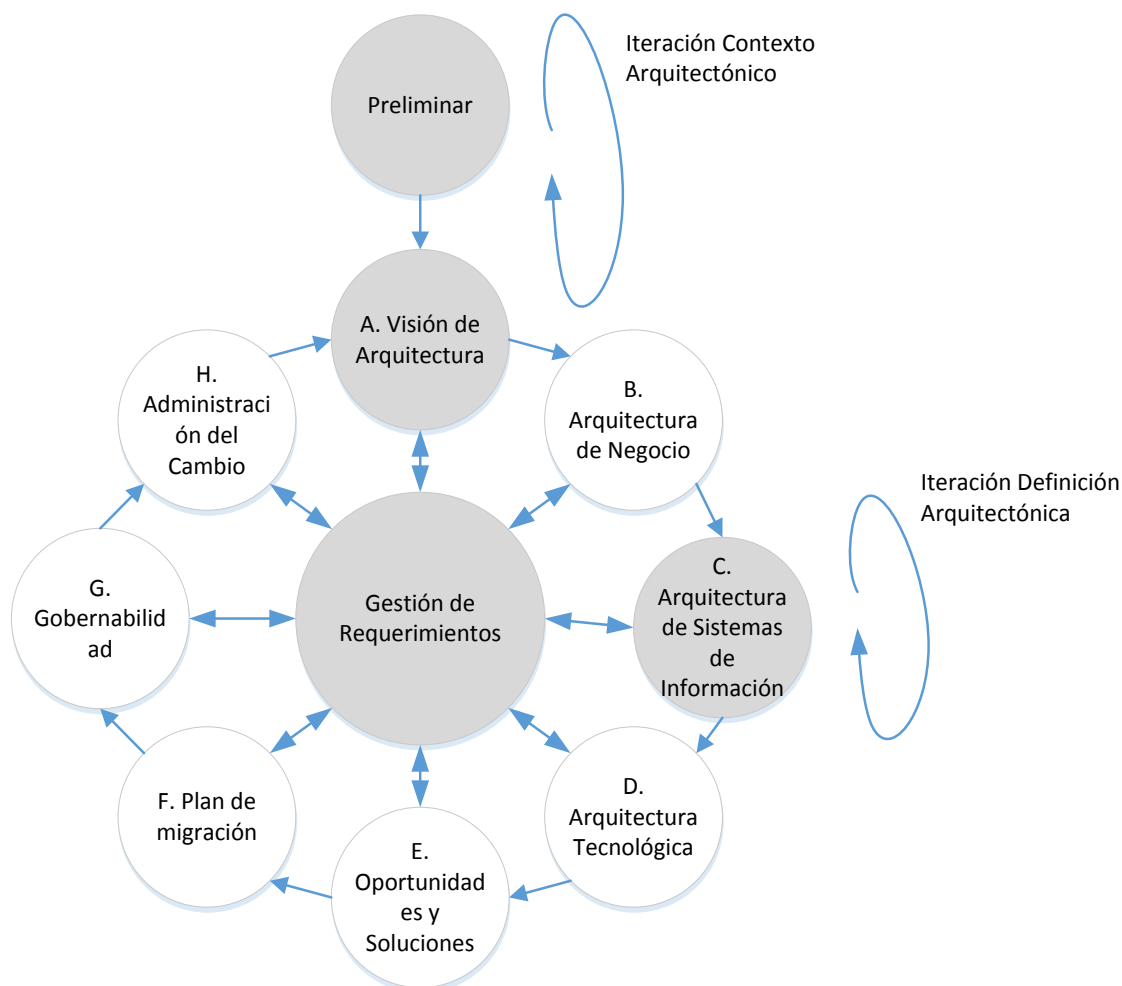


Figura 31. Fases del modelo de Arquitectura de Sistemas de Información
Fuente: Adaptado de (The Open Group, 2013)

En la Tabla 30 se resume los entregables por cada una de las fases del modelo propuesto.

Tabla 30. Entregables por las fases del Modelo de Arquitectura de Sistemas de Información.

Fases	Entregable	Artefacto
Preliminar	Principios arquitectónicos	Catálogo de principios
Visionamiento arquitectónico	Visión arquitectónica	Diagrama conceptual de la solución
Arquitectura de Sistemas de Información	Arquitectura Actual	Catálogo de aplicaciones
	Arquitectura Objetivo	Catálogo de interfaces
	Hoja de ruta de Arquitectura	Catálogo de entidades



Matriz Aplicación/Organización
Matriz Rol/Aplicación
Matriz Aplicación/Función
Matriz de interacción de aplicaciones
Matriz de aplicaciones/entidades
Diagrama de comunicación de aplicaciones
Diagrama de ubicación de usuarios y aplicaciones
Diagrama de casos de uso
Diagrama de administración de aplicaciones
Diagrama de procesos/aplicaciones
Diagrama de Ingeniería de Software
Diagrama de migración de aplicaciones

Fuente: Adaptado de The Open Group (2011)

5.2 Fase 1. Preliminar

En la fase preliminar se definen los principios arquitectónicos de las aplicaciones sobre los cuales se debe regir los desarrollos o adquisiciones de sistemas informáticos para garantizar un ecosistema interoperable a nivel de los diferentes aplicativos que brindan soporte y permiten la automatización de los procesos de las IES.

En esta fase se contemplan las siguientes actividades:

- Selección de modelos de referencia y herramientas.
- Definición del catálogo de principios arquitectónicos.

5.2.1 Selección de modelos de referencia y herramientas

Para la definición de la arquitectura de aplicaciones se usará como base, los estilos arquitectónicos, modelos de referencia, estándares de la industria y patrones empresariales muchos de los cuales se los mencionó en la revisión sistemática de la literatura (SLR) del Capítulo 2.

Entre los principales elementos a utilizar se tiene los siguientes:

- Arquitectura Orientada a Servicios
- Computación en la nube
- Modelo SMACIT
- Automatización de procesos de negocio

Para la definición de la arquitectura de aplicaciones se recomienda el uso de las siguientes herramientas:

- **Archimate**. Herramienta de modelado open source para la creación de modelos y diagramas de arquitectura empresarial.³
- **Visio**. Herramienta para la creación de diferentes tipos de diagramas entre ellos los UML.
- **Ofimática**. Conjunto de programas para generar los catálogos, matrices y diagramas. (Microsoft Word, Excel y Power Point).

5.2.2 Definición del catálogo de principios arquitectónicos

Los principios arquitectónicos de aplicaciones deben estar orientados a garantizar un ecosistema flexible, robusto, escalable, disponible, interoperable, seguro y mantenible de servicios tecnológicos, siempre con el fin de brindar servicios de calidad a los usuarios internos y principalmente externos, que en el caso puntual de las IES son los estudiantes.

³ ArchiMate Modelling Tool. { "<http://www.archimatetool.com/>" }

Los principios deben ser registrados y consolidados, y además cumplir los siguientes lineamientos generales:

- Agnósticos a la tecnología.
- Actualizables en el tiempo por un responsable.
- Basados en mejores prácticas, patrones, estándares.

En las IES se requiere aplicaciones que posean características que soporten un alto volumen de usuarios, sistemas de notificaciones, integración con plataformas de pagos en línea, seguimiento estudiantil, analítica de datos, automatización de trámites, historial de registros académicos, digitalización de expedientes, etc., por lo cual es fundamental que los principios arquitectónicos se especifiquen de tal forma que permitan cumplir con dichas características. En el Anexo 3 se presenta el catálogo de principios arquitectónicos como resultado del caso de estudio aplicado a la UTPL.

Fowler (2003) indica en su libro *“Patrones de la Arquitectura de Aplicaciones Empresariales”* diferentes elementos que deben ser considerados para que los sistemas de información puedan soportar de forma adecuada los procesos del negocio, incluso si la organización mantiene diferentes tecnologías. Los elementos en los que se debe poner principal atención en cuanto a las aplicaciones empresariales son:

- Diseño de las capas lógicas y físicas del sistema.
- Persistencia de los datos.
- Patrones en la capa de presentación.
- Manejo de concurrencia.

- Estrategias de distribución e interoperabilidad.

Evaluar estos elementos permitirá establecer principios adecuados para el desarrollo o adquisición de aplicaciones para su uso en la institución.

Otros principios que son importantes mencionar y que sirven como referencia para la definición de una Arquitectura de Aplicaciones, son los establecidos por Erl (2008) y hacen referencia a la Arquitectura Orientada a Servicios (SOA) a la cual se puede llegar a través de arquitecturas de transición las mismas que consisten en proyectos o fases que incluyen actividades como la definición de procesos, identificación clara de servicios, utilización de estándares de la industria, definición de políticas, procedimientos, entre otros, y así obtener los beneficios inherentes a este modelo de diseño como son: reducción de costos de implementación, tiempos de respuesta ágiles al negocio, flexibilidad de integración, alineación con los procesos estratégicos y una mejor toma de decisiones por parte de los directivos. En la Tabla 31 se citan los principios SOA:

Tabla 31. Principios de la Arquitectura Orientada a Servicios.

Principio	Descripción
Estandarización y diseño	Los servicios deben compartir contratos estandarizados para mejorar el nivel de interoperabilidad.
Acoplamiento de servicios	Los servicios deben estar débilmente acoplados para mejorar su consumo por parte de los clientes.
Abstracción de servicios	Los contratos de los servicios deben contener información esencial.
Reutilización de servicios	Los servicios deben poseer lógica reutilizable como recursos a nivel empresarial.
Autonomía de servicios	Los servicios deben tener la capacidad de ejecutarse independientemente de forma autónoma.
Estado de los servicios	Los servicios deben minimizar la gestión de estado y ser más bien entidades sin estado para mejorar la escalabilidad y disminuir el consumo de recursos.
Descubrimiento de servicios	Los servicios deben exponer metadatos para que facilite su descubrimiento e interpretación.
Composición de servicios	Los servicios deben tener la capacidad de formar parte de una composición para la orquestación de procesos.

Fuente: Adaptado de Erl (2008)

5.2.3 Entregables

Como entregable principal de la fase preliminar se genera el documento de principios arquitectónicos de las aplicaciones. El formato utilizado para la generación de este entregable, así como de las otras fases del modelo propuesto, ha sido adaptado de TOGAF 9.1.

En el caso de estudio de la siguiente sección se presenta el entregable de esta fase.

5.2.4 Caso de estudio

Se definió aplicar el modelo propuesto a la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) para la definición de su Arquitectura de Aplicaciones. Por cada una de las fases se dedicará una sección a la aplicación del modelo con el fin de demostrar su utilidad.

Para conocimiento general de la UTPL existe información y documentación publicada en la página web oficial de la institución, la misma que puede ser accedida en la siguiente dirección web: <http://www.utpl.edu.ec/utpl/informacion-general/historia>

A continuación, se resume los puntos más relevantes de la UTPL:

- Fundada el 3 de mayo de 1971.
- Modalidad de estudios a distancia y presencial.
- 30000 alumnos de educación a distancia.
- 6000 alumnos de educación presencial.
- Centros nacionales (80) e internacionales (4).
- Sede matriz en Loja.

Tomando en cuenta que el macro-proceso de Admisión y Matrícula de la UTPL tiene que atender a aproximadamente 40000 estudiantes, se ha puesto principal atención en definir principios arquitectónicos que permitan a la UTPL disponer de aplicaciones para brindar servicios de calidad y que sean la base para la definición de la arquitectura objetivo o futura de la Institución.

En el **Anexo 3** se presenta el documento de Principios Arquitectónicos de Aplicaciones para la UTPL.

5.3 Fase 2. Visión de la arquitectura de aplicaciones

En esta fase se define de forma contextual la visión o arquitectura futura de las aplicaciones alineadas y enfocadas en el negocio con el fin de cumplir con los objetivos estratégicos de la institución. La visión arquitectónica permite a los interesados y principalmente a quienes toman las decisiones a exponer los beneficios de implantar una arquitectura robusta a nivel de las aplicaciones y alineadas de forma adecuada a los procesos cumpliendo con los requerimientos cambiantes del negocio.

En las IES es fundamental disponer de una visión arquitectónica a nivel de aplicaciones tomando en cuenta que las TICs se han convertido en el medio primordial para el soporte del proceso de enseñanza-aprendizaje mejorando su calidad y accesibilidad. De forma particular las aplicaciones como: software colaborativo, entornos virtuales de aprendizaje, sistemas de gestión académica, matriculación, biblioteca, etc., se han convertido en parte fundamental del modelo operativo de las IES, ya que estos automatizan muchos de los procesos universitarios. Por esta razón es vital contar con un ambiente tecnológico en donde las aplicaciones

trabajen de forma adecuada comunicándose unas con otras y permitiendo su evolución de acuerdo a los cambios por regulaciones ya sean internas o externas.

En esta fase se contemplan las siguientes actividades:

- Identificación de los interesados y de los requerimientos relevantes del negocio.
- Definición del alcance.
- Desarrollo de la visión arquitectónica de aplicaciones.

5.3.1 Identificación de los interesados y de requerimientos del negocio.

Para la definición de la visión arquitectónica de aplicaciones se debe identificar a los interesados o interesados, aquí se involucra personal técnico, de negocio, directivos, personal operativo, etc., ya que son ellos quienes deben estar conscientes de los beneficios y sobre todo dispuestos a impulsar el cambio en busca de la mejora continua, ofreciendo servicios de mejor calidad. Por cada uno de los interesados se debe tener presente sus preocupaciones y objetivos con el fin de considerarlos en el modelamiento de la visión de la arquitectura futura.

Una actividad importante es también identificar los requerimientos más relevantes del negocio, los que permitirán contemplar los diferentes componentes para el diseño de la arquitectura de aplicaciones.

5.3.2 Definición del alcance

Tomando en cuenta que las IES son organizaciones bastantes grandes y complejas, es importante definir el alcance del trabajo de arquitectura, de tal forma que sea

factible en el tiempo planteado y lo más importante que se presenten resultados en el corto o mediano plazo para el beneficio de todos los interesados.

Una de las formas de delimitar el trabajo de arquitectura es tomar un segmento del negocio a partir de la cadena de valor de la institución. Al segmento seleccionado, que puede ser uno o varios macro-procesos, se le aplican las fases descritas en el presente modelo para la definición de la Arquitectura de Aplicaciones.

5.3.3 Desarrollo de la visión arquitectónica

Para el desarrollo de la visión arquitectónica se debe contemplar los siguientes puntos:

- Requerimientos del negocio.
- Interesados.
- Oportunidades y conductores del cambio.
- Entorno y modelo de procesos.
- Actores con sus roles y responsabilidades.

Estos puntos permiten el modelamiento de primer nivel de la arquitectura futura como visión hacia donde debe dirigirse la institución. En el caso de estudio se presenta la visión arquitectónica de aplicaciones para la UTPL.

5.3.4 Entregables

Como entregable principal de la fase de visión arquitectónica se genera el documento de Visión Arquitectónica de Aplicaciones.

En el caso de estudio de la siguiente sección se presenta el entregable de esta fase.

5.3.5 Caso de estudio

En el Anexo 4 se puede revisar el entregable *Visión Arquitectónica de Aplicaciones*, en donde se desarrollan las actividades descritas en la presente fase.

A manera de resumen, en la Figura 32 se ilustra la visión para la Arquitectura de Aplicaciones de la UTPL, en la cual se contemplan las siguientes capas contextuales:

- **Capa de usuarios:** servicios orientados a los usuarios, los mismos que tienen acceso desde diferentes canales y dispositivos como: portales web, smartphones, tabletas, etc. Estos servicios, desarrollados gracias a la tecnología, deberán estar influenciados y alineados a la estrategia, principios, objetivos y conductores definidos en la UTPL.
- **Capa de procesos del negocio:** aquí se definen los flujos de trabajo, actividades, procedimientos que conforman los diferentes procesos de la institución. El objetivo es contar con un BPM para lograr la automatización de dichos procesos.
- **Capa de repositorio documental:** aquí residen los documentos digitales, que son resultado de ejecutar los diferentes procesos del negocio. El objetivo principal de esta capa es lograr una adecuada gestión de los documentos en cuanto a la indexación, búsqueda, firma digital y almacenamiento.
- **Capa de servicios y reglas de negocio:** en esta capa se orquestan los diferentes servicios con la finalidad de lograr la integración e interoperabilidad de las aplicaciones. También se definirán las reglas de negocio transversales a los procesos de la UTPL.
- **Capa de aplicaciones:** en esta capa se consolidan todas las aplicaciones que brindan soporte a los procesos del negocio. Las aplicaciones deben contar, en

el mejor de los casos, con APIs de integración para exponer su funcionalidad e interactuar con otras aplicaciones.

- **Capa de datos:** aquí se encuentran las fuentes de datos con la información generada por las aplicaciones. Las principales fuentes de datos serán: bases de datos, archivos, datos externos (servicios web).

Finalmente, como parte de la visión de la Arquitectura de Aplicaciones, se plantea la creación de un modelo de referencia técnico, esto con el fin de garantizar que todos los desarrollos o cambios en la arquitectura, deberán ajustarse a los estándares y lineamientos definidos en el modelo de referencia propuesto.

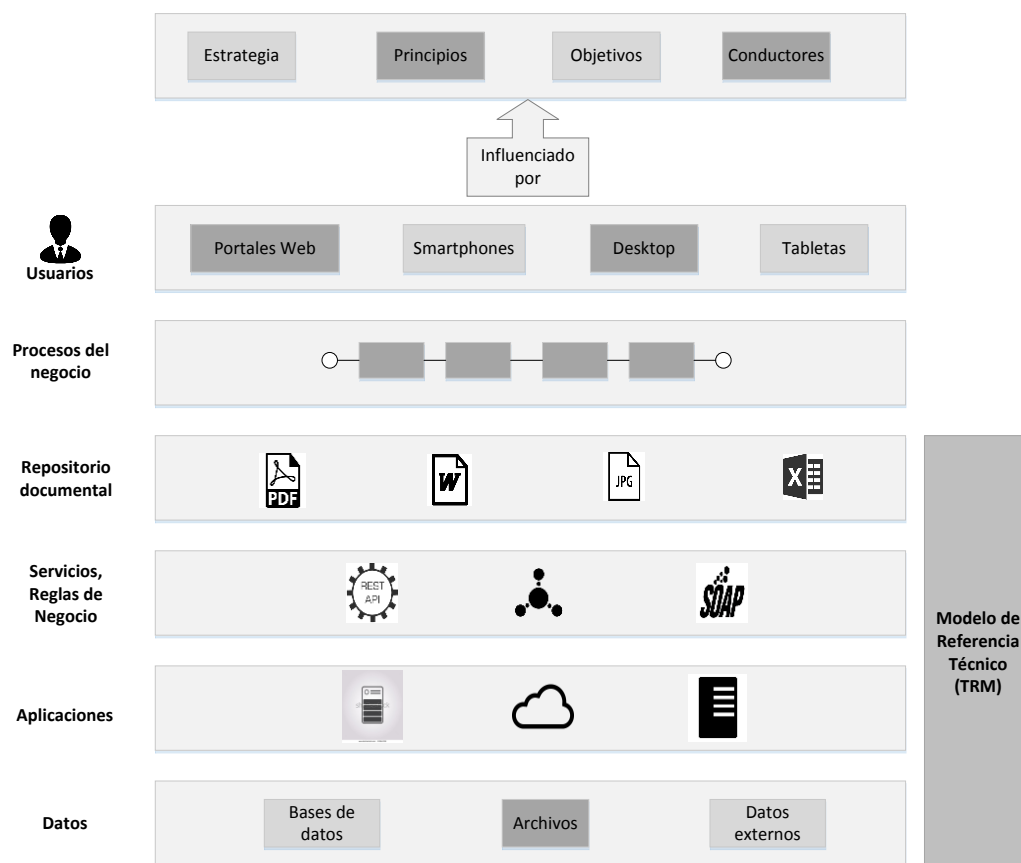


Figura 32. Visión Arquitectónica de Aplicaciones
Fuente: El autor

5.4 Fase 3. Arquitectura de sistemas de información

En la fase de Arquitectura de sistemas de información se define la línea base de la arquitectura de aplicaciones o modelo actual, el mismo que permite conocer el estado de la institución en cuanto a las aplicaciones, su diseño, su estructura y cómo se comunican entre sí. Una vez realizado el diagnóstico de la situación actual se diseña la arquitectura objetivo o modelo deseado, al cual se debe llegar mediante la implementación de arquitecturas intermedias que permitan brindar resultados en el corto y mediano plazo. En esta fase es fundamental realizar un análisis de brechas para determinar el esfuerzo que tomará el implementar el nuevo modelo arquitectónico, para lo cual se especifica una hoja de ruta a nivel general que permita a los interesados conocer el cómo se va a llevar la teoría o diseño a la práctica.

En esta fase se contemplan las siguientes actividades:

- Definición de la arquitectura actual o línea base.
- Definición de la arquitectura futura.
- Análisis de brechas.
- Definición de la hoja de ruta.

5.4.1 Definición de la arquitectura de línea base (actual)

En esta actividad se especifica el documento de Arquitectura de Software de cada una de las aplicaciones de las IES, con la finalidad de conocer su estructura, componentes, sus relaciones, tecnología y así poder determinar puntos de mejora o problemas para el modelamiento de un nuevo diseño arquitectónico conocido como estado futuro.

Para la documentación de la arquitectura de las aplicaciones en el presente modelo se utilizará como referencia el esquema definido por Kruchten (1995), ya que permite desde diferentes vistas y roles conocer el sistema para un entendimiento claro de sus restricciones, particularidades, atributos de calidad, etc., reflejando las decisiones de diseño tomadas para la construcción del mismo. En la Tabla 32 se resumen las vistas arquitectónicas para el levantamiento de la arquitectura actual de las aplicaciones.

Tabla 32. Descripción del modelo 4+1 vistas.

Vista	Tipo	Descripción	Rol
Lógica	Conceptual	Se especifica la estructura de la aplicación, sus capas lógicas y sus responsabilidades, sus componentes principales y sus relaciones. Diagramas de clases, de capas.	Diseñadores Analistas
Procesos	Conceptual	Se encarga de aspectos no funcionales como: concurrencia, disponibilidad, tolerancia a fallos, mecanismos de comunicación de los procesos internos de la aplicación, etc. Diagramas de secuencia, de comunicación, de actividad.	Integradores Arquitectos
Implementación	Física	Se enfoca en los módulos o paquetes que conforman la aplicación a nivel de desarrollo para su implementación y pruebas. Diagrama de componentes de software.	Programadores
Despliegue	Física	Se enfoca en la topología de hardware de la aplicación. Diagramas de despliegue.	Ingeniero de despliegue
Casos de uso	Conceptual	Se enfoca de describir el comportamiento de la aplicación a través de las interacciones con los actores identificados que pueden ser usuarios y/o sistemas. Diagramas de casos de uso.	Analistas Usuario final

Fuente: Adaptado de Muchandi (2007)

5.4.2 Definición de Arquitectura futura

En esta fase se modela la visión a nivel de servicios de aplicación que permitirán dar soporte a los procesos de las IES y que ayudará a definir los proyectos y actividades para alcanzar el nuevo diseño arquitectónico.

De acuerdo a The Open Group (2013), la forma de establecer la arquitectura futura es modelando tres tipos de vistas que permitirán identificar los servicios más

relevantes en los que se debe trabajar, mapeados a su correspondiente componente tecnológico, estas vistas son:

- **Vista conceptual.** Se especifica los servicios de aplicación más relevantes que permitirán definir el nuevo modelo arquitectónico, alineado a los procesos de negocio de las IES, con el fin de alcanzar los objetivos y metas estratégicas definidas. Los servicios de aplicación se especifican por cada uno de los dominios de una Arquitectura Empresarial (Procesos, Datos, Aplicaciones e Infraestructura).
- **Vista lógica.** Se describe los componentes de aplicación lógicos asociados a cada uno de los servicios de aplicación especificados en la vista conceptual. El objetivo es determinar qué componentes de aplicaciones, independientes de la tecnología o proveedor, brindarán determinados servicios para el soporte de los procesos de negocio.
- **Vista física.** Se describe los componentes de aplicación físicos, los mismos que están asociados a una tecnología determinada, a un proveedor, o conforman un software comercial, que se mapea a cada uno de los componentes lógicos de aplicación.

En la Figura 33 se especifican los servicios de aplicación generales de las IES para el soporte de sus procesos basados en la cadena de valor especificada en el Anexo 4. Estos servicios permiten determinar qué componentes de aplicación son necesarios adquirir o implementar para un correcto alineamiento a los procesos de la institución. A partir de los servicios de aplicación se debe establecer su correspondencia con los componentes lógicos y físicos y así dar forma a un plan de

ejecución u hoja de ruta que permite convertir en realidad la arquitectura objetivo modelada. En la Tabla 33 se presenta la relación de dichos componentes.

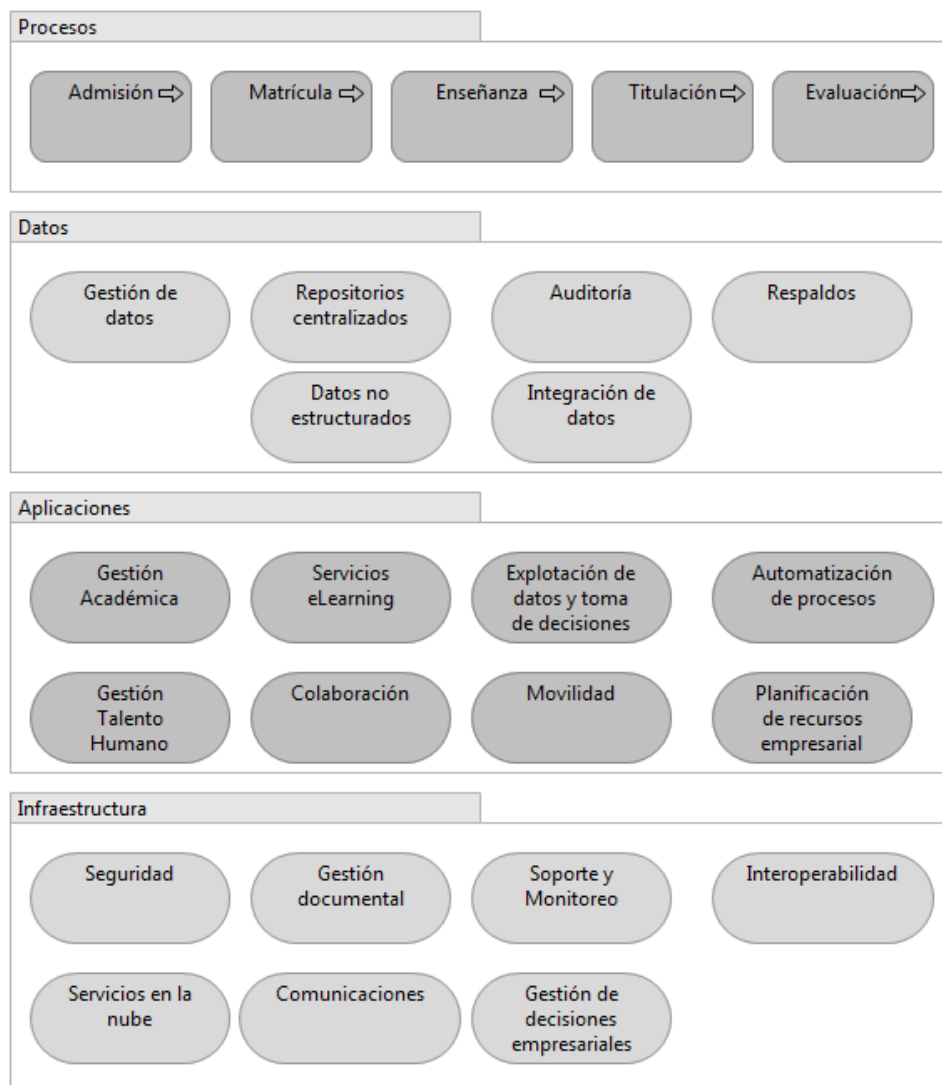


Figura 33. Servicios de Aplicación por dominio para las IES.
Fuente. El autor

Es importante mencionar que los componentes de aplicación tanto lógicos como físicos descritos en la Tabla 33 corresponden a un modelamiento general que de acuerdo al ADM, recién en la fase E “Oportunidades y Soluciones” y la fase F “Plan de Migración” (fuera del alcance del presente trabajo) se obtienen los detalles o ajustes a dichos componentes para la implementación del modelo de la arquitectura de aplicaciones.

Tabla 33. Servicios de aplicación mapeados con sus componentes lógicos y físicos

Servicio de Aplicación	Componente de aplicación lógico	Componente de aplicación físico
Gestión de datos	BRMS. Sistema Gestor de base de datos	Oracle, Microsoft SQL, Sybase
Repositorios centrales de datos	Data warehouse	Oracle
Datos no estructurados	NoSQL	MongoBD
Auditoría	Módulo de seguridad	Software a la medida
Integración de datos	Data warehouse	Oracle
RespalDOS	Aplicación de respaldos	IBM System Storage
Gestión Académica	Sistema Académico	Banner, PeopleSoft Campus Solutions, Software a la medida
Servicios eLearning	LMS. Sistema de gestión de aprendizaje	Moodle
Explotación de datos y toma de decisiones	Sistema de BI (Business Intelligence)	Power BI, SAP Business Object
Automatización de procesos	BPM. Gestión de procesos de negocio	IBM BPM, Oracle BPM
Gestión de Talento Humano	Software de Recursos Humanos	Buxis
Colaboración	Herramientas de correo, ofimática, chat, etc.	Office 365, Google for education
Movilidad	Servicios por smartphones, tablets	Aplicaciones en Android, iOS, MHTL5
Planificación de recursos empresarial	ERP. (Sistema de planificación de recursos de la empresa)	INFOR LN, SAP
Seguridad	Directorio de usuarios	Microsoft Active Directory, Open LDAP
Gestión documental	ECM. Gestor documental empresarial	Microsoft Sharepoint, IBM Filenet
Soporte y Mantenimiento	Herramientas de monitoreo Mesa de servicios	Aranda, Tivoli, PRTG, Google Analytics
Interoperabilidad	ESB. Bus empresarial de servicios	IBM Integration Bus, Microsoft Biztalk Server, Oracle SOA Suite
Comunicaciones	LAN, WAN, Wi-Fi	Cisco, Ruckus
Gestión de decisiones empresariales	BRMS. Sistema gestor de reglas de negocio	IBM Operational Decision Manager, Drools.

Fuente: El autor

Tomando en cuenta los servicios y componentes de aplicaciones antes descritos, se puede modelar el nuevo diseño arquitectónico de aplicaciones para las IES, en donde se establecen niveles que permiten agrupar diferentes tipos de aplicaciones para el soporte de los procesos de la institución. En la Figura 34 se aprecia los diferentes

sistemas, aplicaciones, elementos y demás componentes necesarios para la definición de un entorno tecnológico a nivel de aplicaciones para el soporte del modelo operativo y la obtención de beneficios como:

- Alineamiento con los objetivos estratégicos de la institución.
- Agilidad de TI para responder al negocio.
- Disminución de costos de implementación de nuevos sistemas.
- Mejorar la productividad del personal tanto de TI como funcional.
- Aplicaciones flexibles a los requerimientos de cambio.

En el modelo de referencia propuesto de la arquitectura de aplicaciones (Figura 34) se tiene como primer nivel los usuarios como: estudiantes, docentes, agentes de servicio y en general las unidades organizacionales de las IES. Como segundo nivel se ubica los medios de acceso que se brinda a los usuarios como son: portales web, aplicaciones móviles, medios sociales, los cuales constituyen el punto de entrada para que los usuarios realicen sus gestiones a través de autoservicios. Como tercer nivel se define una capa de automatización de procesos del negocio la cual se puede implementar mediante un sistema BPM. El cuarto nivel es una capa de servicios clasificados como de entidad, tarea, utilidad y de decisiones, los mismos que residen en un bus de servicios empresarial (ESB). En un quinto nivel se encuentran las aplicaciones que proveen los servicios de la capa antes mencionada, entre las principales aplicaciones se tiene: Sistema Académico, CRM, ERP, LMS, ECM, Sistemas legados, Sistema de Talento Humano, y funciones transversales como auditoría, trazabilidad, caché, etc. Finalmente se encuentra la capa de datos en donde se especifica los sistemas de base de datos, archivos y fuentes externas. Como temas transversales se tiene el modelo de referencia técnico con todos sus estándares

(definidos a nivel de las aplicaciones y la infraestructura de comunicaciones) y mecanismos relacionados a: seguridad, reglas de negocio, procesos, que en su conjunto deben ser coordinados, organizados, controlados y monitoreados mediante una adecuada Gestión de TI.

Con el objetivo de normalizar y estandarizar los componentes ya sea de aplicación o plataforma de comunicaciones, se establece el modelo de referencia técnico (TRM), el mismo que sirve de base al momento de adquirir/desarrollar nuevo software de negocio o de comunicación. En el Anexo 6 en donde se especifica la Arquitectura Objetivo se encuentra el TRM para la UTPL que fue adaptado de University of Birmingham (s. f.).

Es importante recalcar que como complemento al TRM es necesario especificar el modelo de referencia de la infraestructura de información integrada conocido como III-RM. Este modelo permite especificar las diferentes herramientas, patrones, lenguajes de programación, etc., relacionados a las aplicaciones de negocio, de infraestructura y a mecanismos de gestión en el ámbito de TI.

En el Anexo 6 se presenta un III-RM con diferentes herramientas, tecnologías, patrones, modelos, que se puede adoptar en las IES para la gestión integral de las aplicaciones y así evitar el uso de tecnologías o herramientas fuera de las definidas en el modelo propuesto.

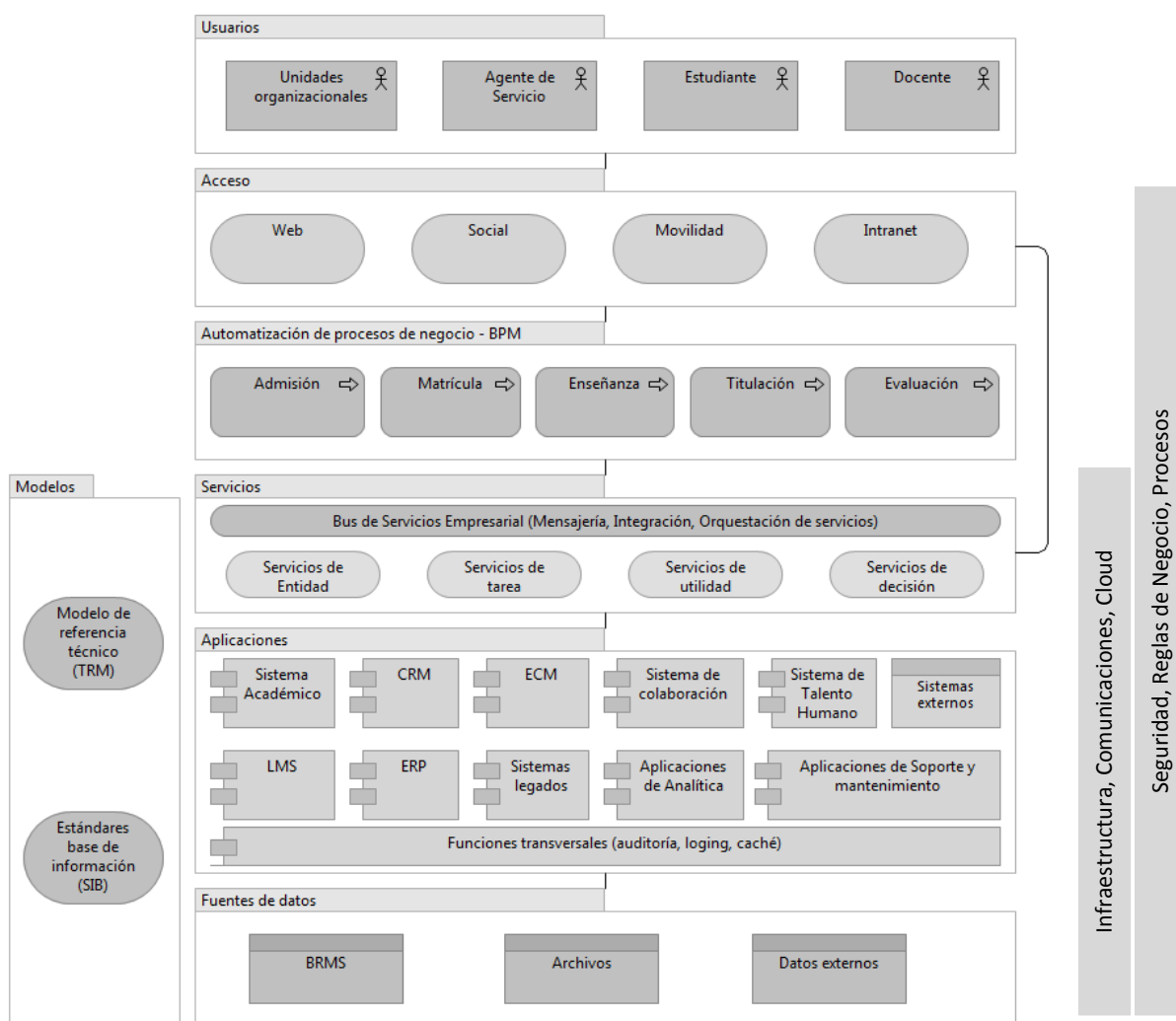


Figura 34. Modelo de Referencia de la Arquitectura de Aplicaciones de la IES
Fuente: El autor

El Modelo de referencia de la arquitectura de aplicaciones propuesto en la Figura 34, permite tener una visión de primer nivel del esquema arquitectónico a implementar, sin embargo, es preciso definir concretamente la arquitectura que deben seguir las aplicaciones ya sea para nuevos desarrollos o en su defecto para la migración de las aplicaciones existentes conforme a la hoja de ruta que se defina en las IES.

En la Figura 35 se especifica la arquitectura de aplicaciones con los principales elementos tomando como base la arquitectura SOA, los mismos que son descritos a continuación:

- **Aplicaciones cliente.** Aplicaciones que usan los estudiantes, docentes, administrativos, para acceder a sus servicios virtuales (aplicaciones móviles, web, de escritorio, etc.)
- **Servicios.** Servicios expuestos por las aplicaciones que generalmente son de tipo web (SOAP, REST) sin embargo pueden existir otros tipos de servicios, como por ejemplo: componentes de aplicación, procedimientos almacenados de bases de datos, etc.
- **Bus de servicios.** Componente software que permite la integración de las aplicaciones de forma más natural e independiente de la tecnología. Se encarga de la orquestación de servicios para su consumo por parte de los clientes.
- **Datos.** Fuentes de los datos como: sistemas de gestión de bases de datos, archivos, sistemas externos, etc.

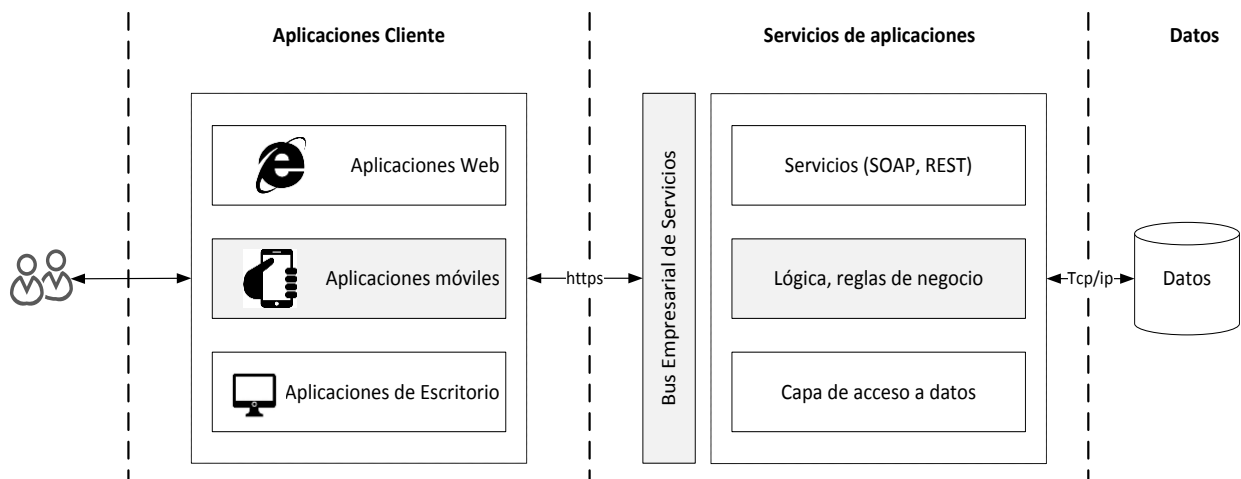


Figura 35. Visión general de la Arquitectura de Aplicaciones
Fuente: Adaptado de (Microsoft, 2009)

5.4.3 Análisis de brechas

El análisis de brechas permite conocer qué tan distante está el modelo actual de aplicaciones con el especificado en la arquitectura objetivo, con el fin de determinar planes de acción que permitan alcanzar el nuevo diseño arquitectónico.

De acuerdo a Josey (2011) para el análisis de brechas se siguen los siguientes pasos:

- Generar una matriz con los bloques de construcción arquitectónicos del modelo actual en el eje vertical y los bloques de construcción arquitectónicos del modelo objetivo en el eje horizontal.
- Agregar al final del eje vertical una fila denominada “Nuevo” y en el eje horizontal una columna con el nombre “Eliminado”.
- Cuando un bloque de construcción está disponible tanto en la arquitectura actual y disponible, entonces se debe marcar la celda donde se intersectan como “Incluido”.
- Cuando un bloque de construcción de la arquitectura actual no está en la arquitectura objetivo se debe marcarlo en la celda respectiva de la columna “Eliminado”.
- Cuando un bloque de construcción de la arquitectura objetivo no está en la arquitectura actual, se lo debe marcar en la celda respectiva de la fila “Nuevo” como una brecha que requiere ser completado.

Cuando todo el proceso ha terminado, lo marcado en la columna “Eliminado” y en la fila “Nuevo”, se convierte en una brecha que debe ser atendida.

En la Tabla 34 se presenta el resultado del análisis de brechas generado para la UTPL.



Tabla 34. Análisis de brechas

Arquitectura objetivo → Arquitectura actual ↓	Gestión de datos	Data warehouse	Auditoría	Integración de datos	Respallos y recuperación	Servicios eLearning	Colaboración	Inteligencia de Negocio	Gestión Académica	Movilidad	BPM	ESB	Monitoreo	Gestor documental	Seguridad	Servicios en la nube	Eliminado
Gestión de datos	Incluido																
Auditoría			Incluido														
Respallos y recuperación					Incluido												
Servicios eLearning						Incluido											
Colaboración							Incluido										
Gestión Académica									Incluido								



Trámites académicos																	Brecha; Incluir en Gestión Académica
Gestión de material bibliográfico físico																	Brecha; Incluir en Gestión Académica
Gestión de material bibliográfico digital																	Brecha; Incluir en Gestión Académica
Movilidad										Incluido							
Monitoreo													Incluido				
Gestor documental														Incluido			
Seguridad															Incluido		



Servicios en la nube																		
<i>Nuevo</i>		Brecha: Debe ser creado		Brecha: Debe ser creado		Brecha: Requiere mejoras		Brecha: Debe ser creado	Brecha. Evaluar software comercial	Brecha: Debe ser potenciado	Brecha: Debe ser creado	Brecha: Debe ser creado		Brecha: Modernización tecnológica		Brecha: Estandarizar modelo cloud	Incluido	

Fuente: El autor

5.4.4 Definición de la hoja de ruta

La hoja de ruta arquitectónica se define tomando como base las brechas identificadas en la sección anterior 5.4.3, las mismas que dan lugar a programas y/o proyectos que deben ser gestionados de acuerdo al siguiente procedimiento:

- Clasificar los programas y/o proyectos indicando una breve descripción.
- Priorizar los proyectos.
- Especificar los beneficios de cada proyecto.
- Crear el plan de migración. Identificar arquitecturas de transición, es decir, aquellas fases en las cuales se agrupan los proyectos para su ejecución.

Es importante indicar que el plan de migración generalmente consiste en una vista gráfica de los proyectos y una línea de tiempo que permita tener una visión general de la hoja de ruta para alcanzar el objetivo final o estado deseado. La planificación detallada, y que implica mucho más análisis y esfuerzo, hace uso de otros tipos de artefactos como cronogramas, diagramas de Gantt, identificación de recursos, costos, proveedores, interesados, etc., los mismos que son tratados en la fase F denominada “Planificación de la migración” del ADM de TOGAF (fuera del alcance de los objetivos planteados).

En la Figura 36 se presenta la hoja de ruta generada para la UTPL.

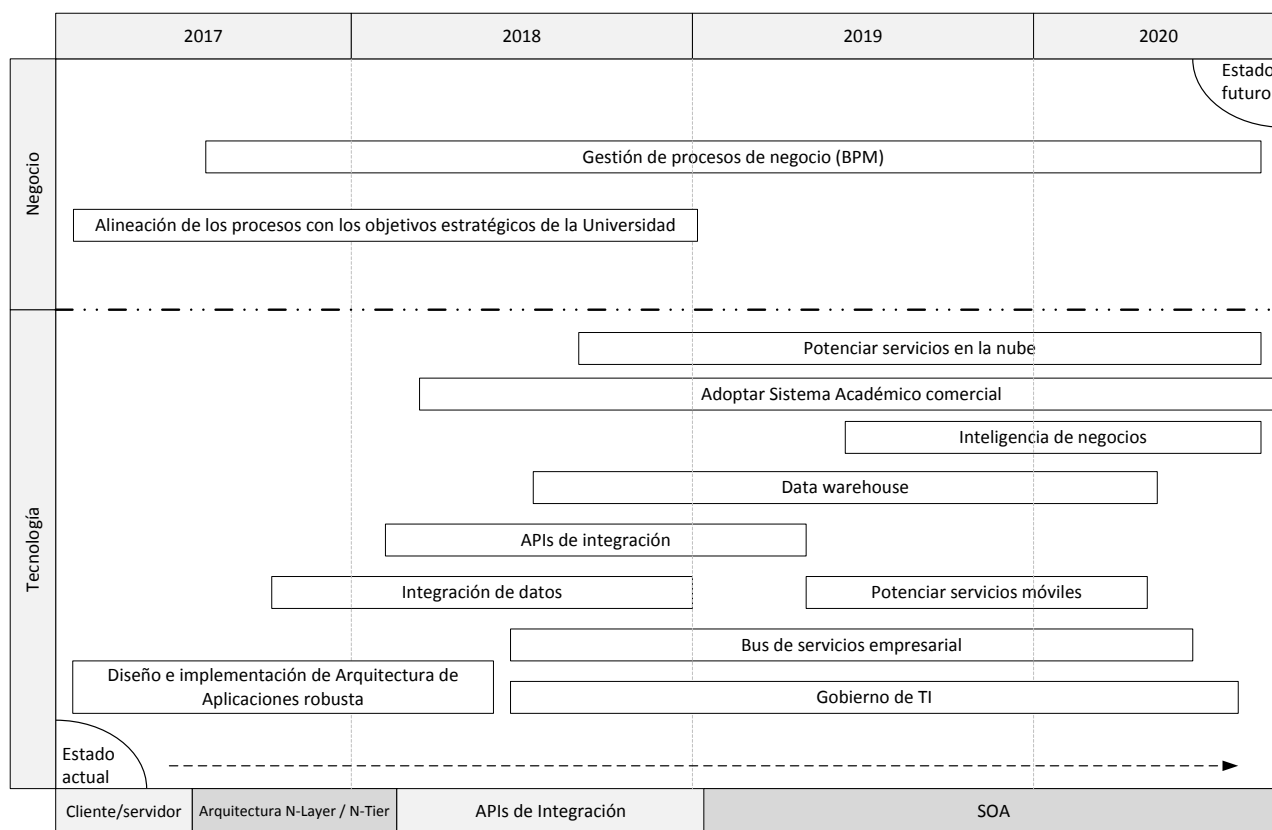


Figura 36. Hoja de ruta del plan de migración para la UTPL

Fuente: El autor

5.4.5 Entregables

Los entregables de la presente fase son tres documentos: definición de la arquitectura actual, definición de la arquitectura futura y la hoja de ruta arquitectónica, cuyos formatos han sido adaptados de TOGAF 9.1. En el caso de estudio de la siguiente sección se detalla dichos entregables para un mejor entendimiento del modelo.

5.4.6 Caso de estudio

Para la aplicación en la UTPL de la fase 3 del modelo correspondiente a la Arquitectura de Sistemas de Información, se generó el documento con la definición de la Arquitectura Actual la misma que se especifica en el Anexo 5, tomando como referencia las aplicaciones que dan soporte a los procesos de Admisión y Matrícula de la institución.

En el Anexo 6 se presenta la definición de la arquitectura futura u objetivo, en donde se incluyó una vista conceptual, lógica y física de los bloques de construcción arquitectónicos del nuevo diseño. Así mismo se realizó un análisis de brechas para conocer los proyectos que se deben emprender con el fin de pasar del estado actual al estado deseado.

Finalmente, en el Anexo 7 se presenta la hoja de ruta arquitectónica en donde se indica, a nivel general, el plan de migración de acuerdo a las brechas encontradas entre la arquitectura actual y la futura.

5.5 Resultados de la aplicación del modelo

Luego de la aplicación del presente modelo a la UTPL y concretamente a los procesos misionales de Admisión y Matrícula para el modelamiento de la nueva arquitectura de aplicaciones, es preciso indicar los principales resultados que se obtuvieron durante el desarrollo del proyecto:

- La UTPL no cuenta con principios arquitectónicos formalizados o socializados, razón por la cual en el caso de estudio se proponen los principios arquitectónicos de aplicaciones (Ver Anexo 3).
 - Las aplicaciones han sido desarrolladas bajo demanda ante las necesidades o presiones del negocio, sin tener un modelo o guía base de arquitectura que permita normar y estandarizar dichos aplicativos.
 - La integración entre las aplicaciones demanda de grandes esfuerzos y no se tiene una visibilidad de las relaciones o dependencias entre dichos aplicativos.
- En la Figura 37 se puede observar la relación actual entre los aplicativos que brindan soporte a los procesos de Admisión y Matrícula. En el Anexo 8 se

puede revisar el catálogo detallado de las interfaces, en donde se especifica el tipo de cada relación entre dichos aplicativos, así como la operación (lectura y lectura/escritura).

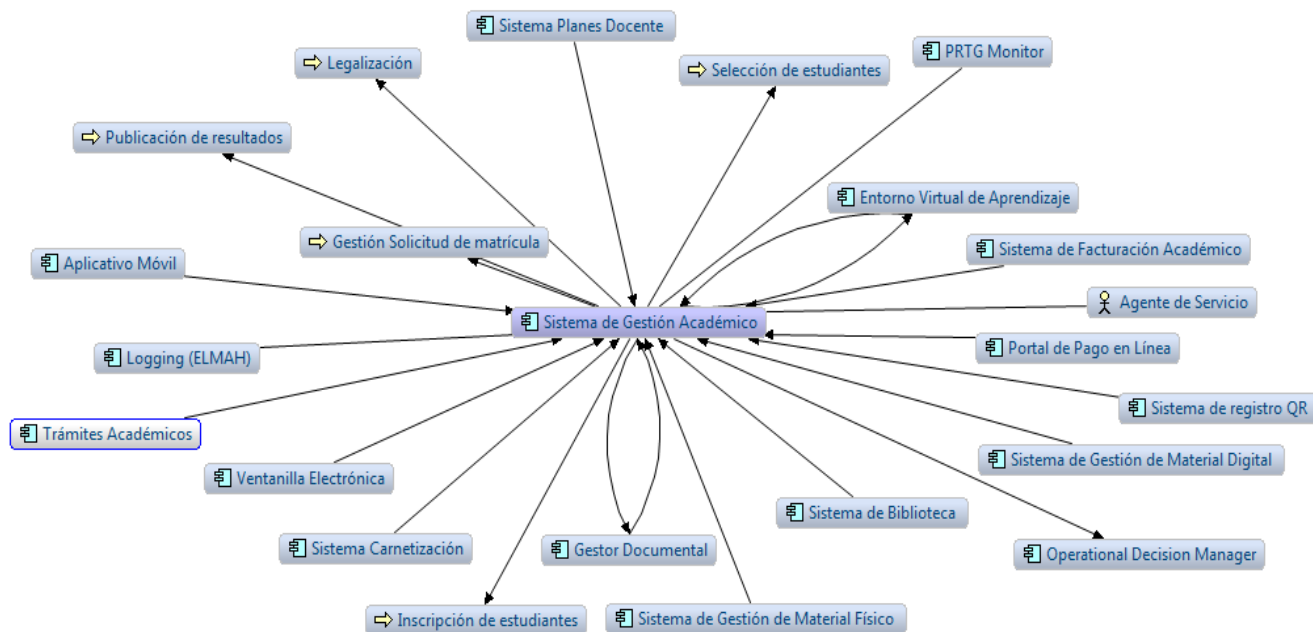


Figura 37. Relación de comunicación entre aplicaciones de Admisión/Matrícula

Fuente: El autor

- En la matriz de aplicaciones y entidades que se encuentra en el Anexo 10, se pudo determinar que existen entidades repetidas en varias aplicaciones, lo que conlleva a que los datos se encuentren dispersos, originando que los reportes generados presenten diferentes resultados (dependiendo de la fuente de datos) lo que dificulta la tarea de tomar decisiones. En la Figura 38 se indica las entidades y el número de aplicaciones en donde están repetidas.

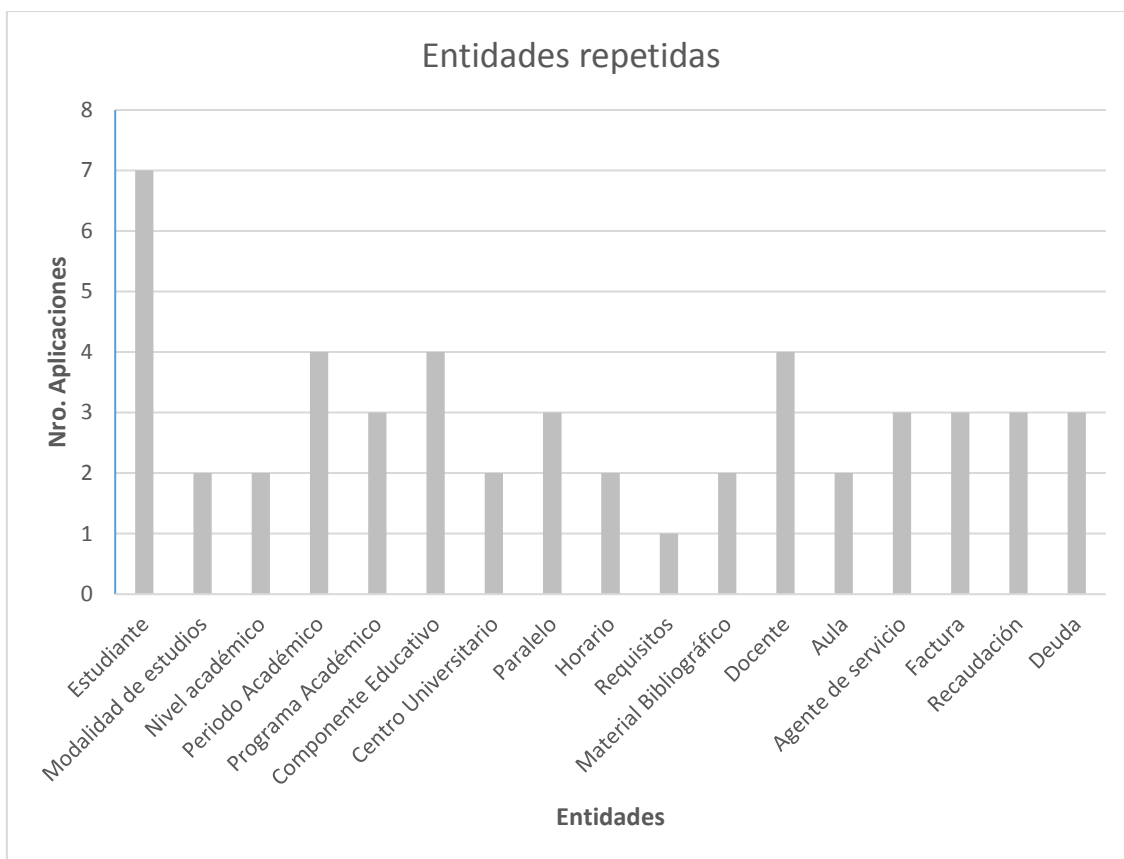


Figura 38. Entidades repetidas
Fuente: El autor

- En la matriz de aplicaciones y funciones que se encuentra en el Anexo 10, se pudo determinar que existen aplicaciones que cumplen las mismas funciones, lo que implica un re-trabajo cuando se atienden requerimientos de cambio en el negocio. Por ejemplo, en la Figura 39 se aprecia que para las funciones de gestión de admisión y gestión de matrícula están destinadas 7 y 6 aplicaciones respectivamente, lo que denota un número considerable de aplicaciones que se han desarrollado de una forma no controlada que cumplen funciones similares y que responden a necesidades o requerimientos urgentes del negocio en el transcurso del tiempo.

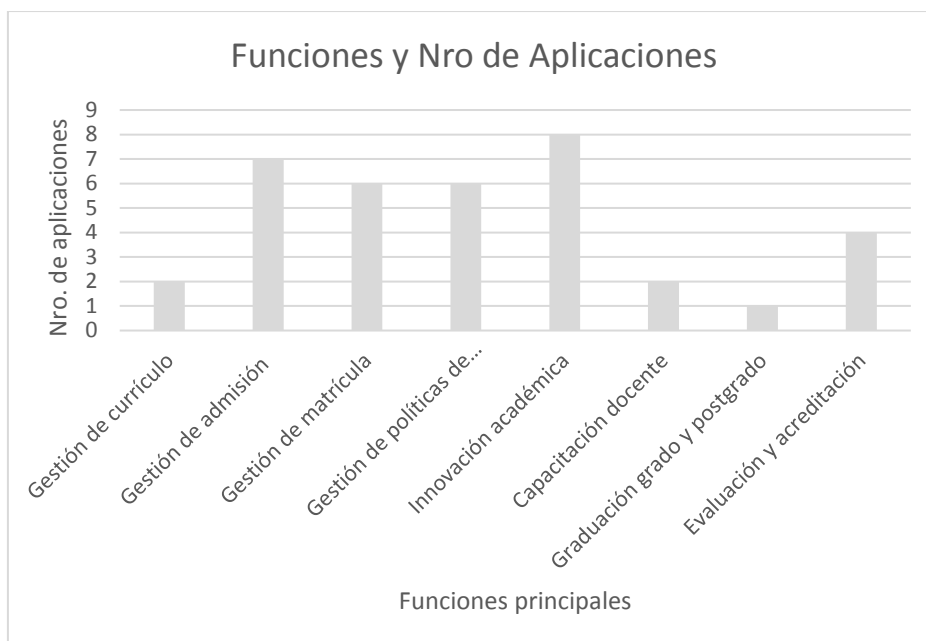


Figura 39. Funciones y Nro. de aplicaciones
Fuente: El autor

- Si bien el modelo se aplicó a los procesos de Admisión y Matrícula, este puede ser replicado a los demás procesos que son soportados por otras aplicaciones, para lo cual se debe seguir el mismo proceso aplicado al caso de estudio.
- En la UTPL, con el pasar de los años, se ha desarrollado software a la medida versus la compra de soluciones informáticas comerciales y estandarizadas. Esto ha originado que las aplicaciones requieran de un alto esfuerzo y costos de mantenimiento, de personal técnico especializado netamente para el soporte de dichas aplicaciones, perdiendo el foco de la innovación tecnológica con miras a mejorar los procesos educativos.

Como consolidación de los resultados antes citados, se tomó como referencia el modelo propuesto por Uhl y Gollenia (2012) denominado “*Business Transformation Management Methodology*” (BTM2) para establecer el nivel de madurez de las aplicaciones que brindan soporte a los procesos de admisión y matrícula. El BTM2 establece cuatro niveles para determinar el nivel de madurez de una institución. El nivel 1 es el más bajo, e indica la existencia de aplicaciones locales, datos no

armonizados y la falta de consolidación de estándares, y el nivel 4 es el más alto, e indica que las aplicaciones están completamente integradas y TI tiene un rol estratégico en la institución. En la Figura 40 se puede apreciar las características del modelo BTM2 y se resalta el nivel 1 en el que se encuentra la UTPL, de acuerdo al caso de estudio realizado, por las características actuales de sus aplicaciones relacionadas a los procesos de admisión y matrícula.

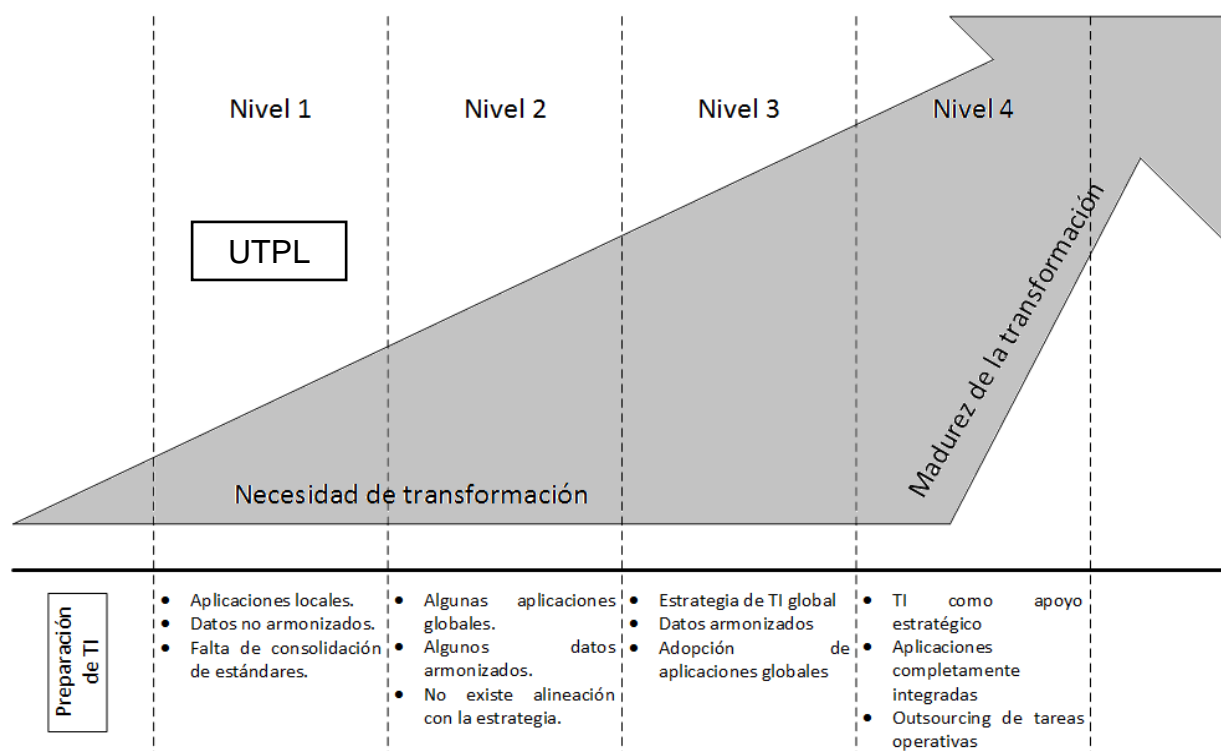


Figura 40. Niveles de madurez de las aplicaciones según BTM2
Fuente. Adaptada de Uhl y Gollenia (2012)

Para que la UTPL alcance el nivel de madurez óptimo, debe emprender los proyectos e iniciativas planteadas en la hoja de ruta del modelo propuesto en el caso de estudio, para de esta forma lograr consolidar su arquitectura de aplicaciones, e ir escalando en los niveles del modelo de madurez especificados por BTM2.

6. Conclusiones y Recomendaciones

Para la propuesta del modelo de referencia de la Arquitectura de Sistemas de Información, se abarcó temas como la problemática de las IES en cuanto a sus aplicaciones informáticas, se revisó los trabajos de investigación referentes a la temática de estudio y se adaptó el modelo TOGAF para su aplicación en un caso de estudio práctico. En base a los objetivos e hipótesis planteadas se puede realizar las siguientes conclusiones y recomendaciones:

6.1 Conclusiones

- El modelo de referencia propuesto para la definición de la Arquitectura de los Sistemas de Información, es factible de implementar en las IES siempre que se pueda realizar la segmentación por procesos para ejecutar cada una de las fases definidas.
- Los beneficios del modelo de la Arquitectura de Aplicaciones, en base al caso de estudio aplicado a la UTPL, se podrán materializar luego de la implementación de la hoja de ruta definida con el fin de alinear TI con la estrategia del negocio.
- La cultura organizacional incide en la aplicación del modelo, ya que demanda que el personal de la institución esté concientizado de la importancia de un esquema arquitectónico y principalmente los directivos, los cuales se convierten en un factor clave para la colaboración de todos los interesados, y así lograr la adopción del nuevo modelo arquitectónico.
- Las tecnologías del modelo SMACIT (social, movilidad, analítica, computación en la nube e internet de las cosas) pueden ayudar a la UTPL y en general a las IES a llegar a más usuarios y ofrecer cada vez mejores servicios orientados en

la facilidad de uso, la disponibilidad y el acceso desde cualquier dispositivo y cualquier lugar a las plataformas que utilizan los estudiantes.

- Las tecnologías disruptivas en la Educación Superior permitirán revolucionar el modelo de enseñanza-aprendizaje principalmente por sus características de fácil acceso y bajo costo para que los estudiantes adquieran las competencias en diferentes áreas de estudio.
- La UTPL actualmente dispone de una Arquitectura de Aplicaciones en donde la comunicación se la realiza de forma muy acoplada lo que origina destinar grandes esfuerzos para la adopción de nuevas soluciones tecnológicas.
- La Arquitectura Objetivo definida para la UTPL permite evidenciar que se requiere de la implementación de proyectos que demandan de tiempo, recursos y el apoyo de los directivos para convertir en realidad el nuevo modelo arquitectónico.
- Los principios arquitectónicos de aplicaciones y el modelo de referencia técnico propuestos para la UTPL, le van a permitir establecer la plataforma base a la cual se deberán acoplar las nuevas soluciones tecnológicas con el fin de lograr consolidar la arquitectura que requiere la institución.
- La Unidad de Gestión de Tecnologías de la Información de la UTPL al no contar con principios arquitectónicos de aplicaciones estandarizados, provoca que la implementación de nuevos sistemas software genere problemas de integración, incompatibilidad, etc., lo cual demanda de una elevada carga del personal de TI.
- La hoja de ruta propuesta para la UTPL en cuanto a la implementación del modelo de referencia de la Arquitectura de Aplicaciones permite evidenciar la

existencia de arquitecturas de transición por las cuales se debe pasar para lograr el objetivo final de implementar un modelo SOA.

6.2 Recomendaciones

- Para la ejecución del modelo propuesto se recomienda trabajar en un segmento de la IES, seleccionando uno o un grupo de procesos, con la finalidad de obtener resultados en el mediano plazo.
- Mantener reuniones con los directivos de la IES con el fin de socializar y comunicar los beneficios de una arquitectura flexible de aplicaciones, para el soporte del modelo operativo de la institución.
- Capacitar a todos los interesados en conceptos generales de Arquitectura Empresarial, con el fin de concientizar y así lograr un cambio cultural para el trabajo y consecución de objetivos estratégicos.
- Las autoridades de las IES en el Ecuador deberían impulsar el uso de tecnologías como: social, movilidad, analítica, computación en la nube e internet de las cosas, con el fin de mejorar su nivel de competitividad.
- Se recomienda que en la IES se generen proyectos de innovación en donde se puedan usar y/o crear tecnologías disruptivas que beneficien principalmente a la comunidad para el acceso a la educación.
- La UTPL debería emprender un proyecto de desarrollo de componentes y servicios reutilizables, estandarizados, que permitan lograr una comunicación más efectiva entre las diferentes aplicaciones.
- Se sugiere que los nuevos proyectos e iniciativas de TI en la UTPL no sean proyectos aislados sino más bien que puedan alinearse a uno o más objetivos

estratégicos y a partir de ahí brindar las soluciones que realmente aporten valor a la institución.

- Se recomienda realizar un trabajo de socialización y culturización de los principios arquitectónicos propuestos para la UTPL con todos los involucrados, para lograr un compromiso integral en la implementación de la nueva arquitectura.
- Antes de iniciar con la implementación de nuevos sistemas software en la UTPL, se deberá evaluar si dichos sistemas cumplen con los principios arquitectónicos de la institución para proceder o no con su implementación.
- Se recomienda identificar claramente el portafolio de proyectos, sus beneficios, sus fases y priorización en la implementación del nuevo modelo arquitectónico, es decir la migración del estado actual al estado futuro, considerando que el tiempo de ejecución es de mínimo 4 a 5 años.
- Los artefactos y entregables generados, deberían entrar a un plan de actualización y custodia para garantizar su evolución conforme a los cambios realizados en las aplicaciones.
- La hoja de ruta arquitectónica propuesta para la UTPL está especificada a un nivel macro y debe ser tomada como referencia para poder incluirla en la planificación operativa anual de la universidad y alineado a su plan de desarrollo institucional.

7. Bibliografía

- Arimany, L. (2011). La Cadena de Valor. Recuperado 2 de octubre de 2016, a partir de <http://www.luisarimany.com/la-cadena-de-valor/>
- Beauvoir, P. (s. f.). Archi | Free ArchiMate Modelling Tool. Recuperado 15 de abril de 2017, a partir de <https://www.archimatetool.com/>
- Bittler, R. S., & Kreizman, G. (2005). Gartner Enterprise Architecture Process: Evolution 2005. 2005, (October), 12. Recuperado a partir de <https://www.gartner.com/doc/486246/gartner-enterprise-architecture-process-evolution>
- Carrillo, J., Cabrera, A., Roman, C., Abad, M., & Jaramillo, D. (2010). Roadmap for the implementation of an enterprise architecture framework oriented to institutions of higher education in Ecuador. En *2010 2nd International Conference on Software Technology and Engineering* (Vol. 2, pp. V2-7). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICSTE.2010.5608752>
- Christensen, C., Raynor, M., & McDonal, R. (2015). What Is Disruptive Innovation? Recuperado 26 de agosto de 2016, a partir de <https://hbr.org/2015/12/what-is-disruptive-innovation>
- Cisco. (2009). *Federal Enterprise Architecture (FEA) and Network Services*. Recuperado a partir de https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiJp67X45zSAhVJYyYKHR4dAz8QFggaMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.cisco.com%2F%2Fdam%2Fen%2Fus%2Fsolutions%2Fcollateral%2Fenterprise%2Fmedia-center%2FC11-542359-00_FEAnetso
- Cristina, P., & Carazo, M. (2006). El método de estudio de caso Estrategia metodológica de la investigación científica. *Pensamiento y Gestión*, (Universidad del Norte), 165-193.
- De la Torre, C., Zorrilla, U., Calvarro, J., & Ramos, M. (2010). *N-Layered Domain-oriented Architecture Guide with NET 4.0* (1st Editio). Krasis Press.
- Doumi, K., Baïna, S., & Baïna, K. (2011). Modeling approach using goal modeling and enterprise architecture for business IT alignment. En *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (Vol. 6918 LNCS, pp. 249-261). https://doi.org/10.1007/978-3-642-24443-8_26
- Eeles, P. (2012). What is a software architecture? Recuperado 26 de julio de 2016, a partir de <http://www.ibm.com/developerworks/rational/library/feb06/eeles/>
- Erl, T. (2008). *Service oriented architecture: principles of service design* (Vol. 1). <https://doi.org/citeulike-article-id:2135823>
- Evans, E. (2004). *Domain-driven design: tackling complexity in the heart of software*. Addison-Wesley Professional. Recuperado a partir de https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=xCoLAAPGubgC&oi=fnd&pg=PR9&dq=domain+driven+design+eric+evans&ots=qaZBaiRO3o&sig=ClSxWqw73eKfGQ6txBC_EB-cLOQ
- Federal government of the United States. (2013). *Federal Enterprise Architecture Framework*.
- Fowler, M. (2003). *Patterns of enterprise application architecture*. Addison-Wesley.
- Golooba, M., & Ahlan, A. R. (2013). Value creation drivers in SOA for research & innovation: A proposed framework for HEI context. En *International Conference on Research and Innovation in Information Systems, ICRIS* (pp. 354-359). <https://doi.org/10.1109/ICRIIS.2013.6716735>
- Hinkelmann, K., Gerber, A., Karagiannis, D., Thoenssen, B., Van Der Merwe, A., & Woitsch, R. (2016). A new paradigm for the continuous alignment of business and IT: Combining enterprise architecture modelling and enterprise ontology. *Computers in Industry*, 79, 77-86. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2015.07.009>
- Hongyu Yang, Tongji Yang, & Tingxin Wen. (2010). Potential of information technology as a tool for improving



- innovation performance in higher education institutions. En *2010 3rd International Conference on Computer Science and Information Technology* (pp. 306-310). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCSIT.2010.5563850>
- IBM. (s. f.). IBM Knowledge Center - La Infraestructura Zachman. Recuperado 11 de septiembre de 2016, a partir de http://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SS6RBX_11.4.3/com.ibm.sa.bpr.doc/topics/r_Zachman_fmwk.html
- IEEE 1471 Std. (2000). IEEE Recommended Practice for Architectural Description of Software-Intensive Systems IEEE-SA Standards Board.
- Institute for Software Research. (s. f.). UCI Software Architecture Research - UCI Software Architecture Research: C2 Style. Recuperado 25 de agosto de 2016, a partir de <http://isr.uci.edu/architecture/c2.html>
- International Organization Of Standardization. (2011). ISO/IEC/IEEE 42010:2011 - Systems and software engineering -- Architecture description. *ISO/IEC/IEEE 42010:2011 Revision of ISO/IEC 42010:2007 and IEEE Std 1471:2000, 2011*(March), 1-46. <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2011.6129467>
- ISO. (2005). ISO 25010. Recuperado 27 de agosto de 2016, a partir de <http://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25010>
- Josey, A. (2011). *TOGAF® Version 9.1-A Pocket Guide*. (V. Haren, Ed.).
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. *Engineering*, 2, 1051. <https://doi.org/10.1145/1134285.1134500>
- Kruchten, P. B. (1995). The 4+1 View Model of architecture. *IEEE Software*, 12(6), 42-50. <https://doi.org/10.1109/52.469759>
- Kruntchen, P. (1995). Architectural blueprints—the “4+ 1” view model of software architecture. *IEEE Software*, 12(November), 42-50. <https://doi.org/10.1145/216591.216611>
- Lighthouse. (s. f.). Service Models Cloud. Recuperado 4 de septiembre de 2016, a partir de <http://cloudlighthouse.be/cloud/service-models/>
- Marechaux, J.-L. (2011). Define application architectures with Rational Software Architect: Part 1. Envisioning the architecture. Recuperado 26 de agosto de 2016, a partir de <https://www.ibm.com/developerworks/rational/library/define-application-architecture-rational-software-architect-1/>
- Masud, M. A. H., & Huang, X. (2013). ESaaS: A new software paradigm for supporting higher education in cloud environment. En *Proceedings of the 2013 IEEE 17th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)* (pp. 196-201). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CSCWD.2013.6580962>
- McLean, J. (2014). The nexus of Social, Mobile, Cloud and Big Data Analytics. Recuperado 15 de octubre de 2016, a partir de http://www.slideshare.net/E-Gov_Center_Moldova/the-nexus-of-social-mobile-cloud-and-b?qid=edeed1c5-150f-413a-801f-311319f78e46&v=&b=&from_search=1
- Microsoft. (s. f.). Guide: Architectural Patterns and Styles. Recuperado 22 de agosto de 2016, a partir de <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ee658086.aspx>
- Microsoft. (2009). Microsoft Application Architecture Guide, 2nd Edition. Recuperado 15 de enero de 2017, a partir de <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ff650706.aspx>
- MIT Sloan Center for Information Systems Research and IMD. (2005). Core Diagrams - A Design Language for Enterprise Architecture - Welcome To SogetiLabs, the research and innovation community of Sogeti. Recuperado 18 de septiembre de 2016, a partir de <http://labs.sogeti.com/enterprise-architecture/core-diagrams-a-design-language-for-enterprise-architecture/>
- Muchandi, V. (2007). Applying 4+ 1 view architecture with UML 2. *FCGSS White Paper*. Recuperado a partir de <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Applying+4+++1+View+Architecture+with+UML+2#5>



- National Academic Mailing List Service. (s. f.). Understanding and modelling Higher Education: Integrating value chain analysis with Enterprise Architecture Background.
- National Institute of Standards and Technology. (2013). *NIST Cloud Computing Standards Roadmap*.
- OMG Object Management Group. (s. f.). Welcome To CORBA Web Site! Recuperado 25 de agosto de 2016, a partir de <http://www.corba.org/>
- Phillipson, A. (2008). Governing your value stream: A foundation for lower IT costs and increased returns. Recuperado 2 de octubre de 2016, a partir de <https://www.ibm.com/developerworks/rational/library/edge/08/may08/phillipson/>
- Project X. (s. f.). Project X Ltd. » Enterprise Architecture & Governance. Recuperado 25 de septiembre de 2016, a partir de <http://www.pxltd.ca/business-consulting-services/enterprise-architecture-governance/>
- Robal, T. (2002). the Rational Unified Process With the «4+1» View Model of Software Architecture - a Way for Modeling Web Applications. *BalticDB&IS*. Recuperado a partir de http://www.pld.ttu.ee/home/kruus/db_is02.pdf
- Rodmunkong, T., Wannapiroon, P., & Nilsook, P. (2016). The architecture of Information Management System through cloud computing according to Thai Qualifications Framework for Higher Education. En *2015 IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering, TALE 2015* (pp. 181-188). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/TALE.2015.7386041>
- Ross, J., Weill, P., & Robertson, D. (2006). *Enterprise architecture as strategy: Creating a foundation for business execution*. Boston, Massachusetts: Harvard Business Press.
- Rouse, M. (2007). What is enterprise architecture (EA)? Recuperado 3 de septiembre de 2016, a partir de <http://searchcio.techtarget.com/definition/enterprise-architecture>
- Rouse, M. (2014). What is SMAC (social, mobile, analytics and cloud)? - Definition from WhatIs.com. Recuperado 28 de agosto de 2016, a partir de <http://searchcio.techtarget.com/definition/SMAC-social-mobile-analytics-and-cloud>
- Serebrenik, A. (s. f.). 2IW80 Software specification and architecture Software architecture: Architectural Styles.
- Sessions, R. (2007). A Comparison of the Top Four Enterprise-Architecture Methodologies. Recuperado 11 de septiembre de 2016, a partir de https://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb466232.aspx#eacompar_topic9
- Taylor, R. N., Medvidovic, N., & Dashofy, E. M. (2009). *Software Architecture: Foundations, Theory, and Practice*. Wiley Publishing.
- The Open Group. (2011). TOGAF®, an Open Group standard | The Open Group. Recuperado 3 de septiembre de 2016, a partir de <http://www.opengroup.org/subjectareas/enterprise/togaf>
- The Open Group. (2013). Using TOGAF for Enterprise SOA. Recuperado 13 de noviembre de 2016, a partir de <https://www.opengroup.org/soa/source-book/togaf/entsoa.htm>
- Uhl, A., & Gollenia, L. A. (2012). *A handbook of business transformation management methodology*. Gower.
- University of Birmingham. (s. f.). Technical Reference Model (TRM). Recuperado 27 de diciembre de 2016, a partir de [http://www.download.bham.ac.uk/it/TRM.htm#Graphics & Image](http://www.download.bham.ac.uk/it/TRM.htm#Graphics%20&%20Image)
- Victories, V. (2015). 4 Types of Cloud Computing Deployment Model You Need to Know - Internet and Technology Blog - Internet and Technology. Recuperado 4 de septiembre de 2016, a partir de https://www.ibm.com/developerworks/community/blogs/722f6200-f4ca-4eb3-9d64-8d2b58b2d4e8/entry/4_Types_of_Cloud_Computing_Deployment_Model_You_Need_to_Know1?lang=en
- Weinman, J. (2015). *Digital Disciplines: Attaining Market Leadership via the Cloud, Big Data, Social, Mobile, and the Internet of Things*. Wiley (Vol. 1). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Xiong, S., Xu, Y., & Shan, Q. (2016). Research on the Architecture of Education Cloud for Joint Training Programs in Higher Education Institutions. En *2015 International Symposium on Educational Technology, ISET 2015* (pp. 40-44). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ISET.2015.17>



- Yadav, N., Khatri, S., & Singh, V. B. (2014). Developing an intelligent cloud for higher education. *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, 39(1), 1-5. <https://doi.org/10.1145/2557833.2557854>
- Zdravkovic, J., Rychkova, I., & Speckert, T. (2014). IT governance in organizations facing decentralization-case study in higher education. En *CEUR Workshop Proceedings* (Vol. 1164, pp. 129-136).



8. Anexos

En esta sección se presentan los entregables y artefactos generados durante el desarrollo de la tesis.

ANEXO 1. FASES DEL ADM TOGAF

A continuación, se presenta la descripción de las siguientes fases del ADM de TOGAF: Arquitectura de Negocios, Arquitectura Tecnológica, Oportunidades y Soluciones, Planificación y Migración, Gobierno de la Implementación, Gestión del cambio de la Arquitectura y Gestión de Requerimientos.

1. Fase B. Arquitectura de Negocio

La Fase B aborda el desarrollo de una arquitectura de negocio que apoye la visión de la arquitectura aprobada en la Fase A. En la Tabla A1.1 se especifica sus objetivos, pasos, entradas y salidas.

Tabla A1.1. Fase B. Arquitectura de Negocio.

Objetivos	Pasos
<ul style="list-style-type: none">• Desarrollar la arquitectura de negocio de Destino describiendo como la empresa tiene que operar para alcanzar los objetivos de negocio, responder a las motivaciones estratégicas definidas y responder a la petición de trabajo arquitectónico y las preocupaciones de los interesados.• Identificar componentes candidatos para el plan de itinerario de arquitectura basándose en las brechas identificadas entre la arquitectura de negocio de la línea base y la arquitectura de negocio destino.	<ul style="list-style-type: none">• Seleccionar modelos de referencia, puntos de vista y herramientas.• Desarrollar la descripción de la arquitectura de negocio de la línea base.• Desarrollar la descripción de la arquitectura de negocio de destino.• Realizar un Análisis de Brechas.• Definir los componentes candidatos del Plan de Itinerario.• Resolver los impactos al panorama de arquitectura.• Conducir una revisión formal con los interesados.• Finalizar la arquitectura de negocio.• Crear el documento de definición de arquitectura.
Entradas	Salidas
<ul style="list-style-type: none">• Petición del trabajo arquitectónico.• Principios de negocio, objetivos de negocio, y motivaciones de negocio.• Evaluación de capacidades.• Plan de comunicaciones.• Modelo organizacional de arquitectura empresarial.• Marco de referencia de arquitectura aprobada.• Principios de arquitectura, incluyendo principios de negocio, cuando ya existan.• Continuum de la empresa.	<ul style="list-style-type: none">• Declaración de trabajo de arquitectura, actualización si fuera necesario.• Principios de negocios validados, objetivos de negocio y motivaciones de negocio.• Principios de arquitectura de negocio bien elaborados.• Versión preliminar del documento de definición de la arquitectura, conteniendo:<ul style="list-style-type: none">– Arquitectura de negocio de la línea base (detallada), si fuera apropiado.– Arquitectura de negocio de destino

-
- Repositorio de arquitectura.
 - Versión de la arquitectura, incluyendo:
 - requerimientos clave refinados y de alto nivel de los interesados.
 - Versión preliminar del documento de definición de la arquitectura incluyendo:
 - Arquitectura de negocio de la línea de base (de alto nivel).
 - Arquitectura de datos de la línea base (de alto nivel).
 - Arquitectura de aplicaciones de la línea base (de alto nivel).
 - Arquitectura tecnológica de la línea base (de alto nivel).
 - Arquitectura de negocio destino. (de alto nivel)
 - Arquitectura de datos destino (de alto nivel).
 - Arquitectura de aplicaciones destino. (de alto nivel).
 - Arquitectura tecnológica destino (de alto nivel).
- (detallada).

 - Vistas correspondientes a puntos de vista seleccionados que responden a las preocupaciones clave de los interesados.
- Especificaciones preliminares de requerimientos de arquitectura incluyendo actualizaciones de contenido:
 - Resultados del análisis de brechas.
 - Requerimientos técnicos.
 - Requerimientos de negocio actualizados.
 - Componentes de arquitectura de negocio del plan de itinerario de arquitectura.
-

Fuente: Tomado de Josey (2011)

2. Fase D. Arquitectura Tecnológica

La Fase D, aborda la documentación de la organización esencial de sistemas de TI, representada en hardware, software y tecnología de comunicaciones. En la Tabla A1.2 se especifica sus objetivos, pasos, entradas y salidas.

Tabla A1.2. Fase D. Arquitectura Tecnológica.

Objetivos	Pasos
<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar la arquitectura tecnológica futura, de tal manera que permita que los componentes lógicos, físicos de datos y aplicaciones, así como aquellos de la visión de la arquitectura; correspondan a la petición del trabajo arquitectónico y respondan a las preocupaciones de los interesados. • Identificar los componentes candidatos del plan de itinerario de la arquitectura, basándose en las brechas identificadas entre la arquitectura tecnológica línea base y la arquitectura tecnológica destino. 	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar modelos de referencia, puntos de vista y herramientas. • Desarrollar la descripción de la arquitectura tecnológica de la línea base. • Desarrollar la descripción arquitectónica de la arquitectura tecnológica destino. • Realizar el análisis de brechas. • definir los componentes candidatos del plan de itinerario. • Resolver los impactos en el panorama de la arquitectura. • Conducir una revisión formal con los interesados. • Finalizar la arquitectura tecnológica. • Crear el documento de definición de arquitectura.

Entradas	Salidas
<ul style="list-style-type: none">• Petición de trabajo de arquitectura.• Evaluación de capacidades.• Plan de comunicaciones.• Modelo organizacional de arquitectura empresarial.• Principios de tecnología.• Declaración de trabajo de arquitectura.• Visión de la arquitectura.• Repositorio de la arquitectura.• Documento preliminar de definición de la arquitectura conteniendo:<ul style="list-style-type: none">– Arquitectura de negocio de la línea base (detallada).– Arquitectura de negocio destino (detallada)– Arquitectura de datos de la línea base (detallada).– Arquitectura de datos de destino. (detallada).– Arquitectura de aplicación de la línea base (detallada).– Arquitectura de aplicación de destino (detallada).– Arquitectura tecnológica de la línea base (de alto nivel).– Arquitectura tecnológica de destino (de alto nivel).• Especificación preliminar de requerimientos de arquitectura, incluyendo:<ul style="list-style-type: none">– Resultados del análisis de brechas.– Requerimientos técnicos relevantes.– Componentes de arquitectura de negocio y de arquitectura de datos en el plan de itinerario de arquitectura.	<ul style="list-style-type: none">• Declaración de trabajo de arquitectura, actualizado si fuera necesario.• Principios de tecnología validados o nuevos principios de tecnología (si se generaron aquí).• Versión preliminar del documento de definición de arquitectura, conteniendo actualizaciones de contenido:<ul style="list-style-type: none">– Arquitectura tecnológica de la línea base.– Arquitectura tecnológica destino.– Vistas de arquitectura tecnología correspondientes a puntos de vista que han sido seleccionados para responder a las preocupaciones clave de los interesados.• Especificación preliminar de los requerimientos de arquitectura, incluyendo actualizaciones de contenido:<ul style="list-style-type: none">– Resultados del análisis de brechas.– Requerimientos resultantes de las fases b y c.– Requerimientos de tecnología actualizados.• Componentes de arquitectura tecnológica del plan de itinerario de arquitectura.

Fuente: Tomado de Josey (2011)

3. Fase E. Oportunidades y Soluciones

La Fase E es la primera fase que directamente se refiere a la implementación. Describe el proceso de identificación de los medios de entrega (proyectos, programas o carteras) que proporciona la arquitectura de destino identificada en las Fases anteriores. En la Tabla A1.3 se especifica sus objetivos, pasos, entradas y salidas.

Tabla A1.3. Fase E. Oportunidades y Soluciones.

Objetivos	Pasos
<ul style="list-style-type: none"> Generar la versión inicial y completa del plan de itinerario de arquitectura, basándose en el análisis de brechas y en los componentes candidatos de plan de itinerario de arquitectura resultantes de las fases b, c y d. Determinar si un enfoque incremental es requerido y si fuera así, identificar las arquitecturas de transición que proporcionarían valor continuo de negocio. 	<ul style="list-style-type: none"> Determinar o confirmar atributos claves para el cambio empresarial. Determinar limitaciones del negocio para la implementación. Examinar y consolidar resultados de los análisis de brechas realizados en las fases de la b a la d. Examinar los requerimientos consolidados entre funciones de negocio relacionadas. Consolidar y reconciliar los requerimientos de interoperabilidad. Refinar y validar dependencias. Confirmar el grado de preparación y riesgos para la transformación del negocio. Formular la estrategia de implementación y migración. Identificar y agrupar los paquetes de trabajo principales. Identificar las arquitecturas de transición. Crear el plan de itinerario de arquitectura y el plan de implementación y migración.
Entradas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> Información del producto. Petición de trabajo de arquitectura. Evaluación de capacidades. Plan de comunicaciones. Metodologías de planificación. Modelos de gobierno y marcos de referencia. Marco de referencia de arquitectura adaptado. Declaración de trabajo de arquitectura. Visión de la arquitectura. Repositorio de arquitectura. Versión preliminar del documento de definición de la arquitectura. Versión preliminar de la especificación de requerimientos de arquitectura. Solicitudes de cambio a los programas y proyectos existentes. Componentes candidatos del plan de itinerario de arquitectura resultantes de las fases b, c y d. 	<ul style="list-style-type: none"> Declaración de trabajo de arquitectura, actualizado si fuera necesario. Visión de la arquitectura, actualizada si es necesario. Versión preliminar del documento de definición de arquitectura, incluyendo: <ul style="list-style-type: none"> Arquitectura de transición, número y alcance, si existe. Versión preliminar de la especificación de requerimientos de arquitectura, actualizada si fuera necesario. Evaluación de capacidades, incluyendo: <ul style="list-style-type: none"> Capacidades de negocio. Capacidades de TI. Plan de itinerario de arquitectura, incluyendo: <ul style="list-style-type: none"> Carteras de paquetes de trabajo. Identificación de las arquitecturas de transición, si existen. Recomendaciones de implementación. Plan de implementación y migración (descripción), incluyendo: <ul style="list-style-type: none"> estrategia de implementación y migración.

Fuente: Tomado de Josey (2011)

4. Fase F. Planificación y Migración

La Fase F aborda la planificación de la migración; es decir, como moverse desde la arquitectura de la línea base a la arquitectura destino finalizando un plan de implementación y migración en detalle. En la Tabla A1.4 se especifica sus objetivos, pasos, entradas y salidas.

Tabla A1.4. Fase F. Planificación y Migración.

Objetivos	Pasos
<ul style="list-style-type: none">Finalizar el plan de itinerario de arquitectura y el plan de implementación y migración que lo apoya.Asegurar que el plan de implementación y migración se alinee al enfoque de la empresa para la gestión e implementación de cambios en la cartera general de cambios empresariales.Asegurar que el valor de negocio y los costos de los paquetes de trabajo y arquitecturas de transición sean bien entendidos por los interesados.	<ul style="list-style-type: none">Confirmar las iteraciones del plan de implementación y migración con el marco de referencia de gestión de la empresa.Asignar el valor de negocio a cada paquete de trabajo.Estimar las necesidades de recursos, los tiempos del proyecto y la disponibilidad/medio de entrega.Priorizar los proyectos de migración a través de la realización de una evaluación de costo/beneficio y validación de riesgos.Confirmar el plan de itinerario de arquitectura.Completar el plan de implementación y migración.Completar el ciclo de desarrollo y documentar las lecciones aprendidas.
Entradas	Salidas
<ul style="list-style-type: none">Petición de trabajo de arquitectura.Plan de comunicaciones.Modelo organizacional de arquitectura empresarial.Modelos de gobierno y marcos de referencia.Marco de referencia de arquitectura adaptado.Declaración de trabajo de la arquitectura.Visión preliminar del documento de definición de arquitectura.Versión preliminar de la especificación de requerimientos de arquitectura.Solicitudes de cambio en programas y proyectos existentes.Plan de itinerario de arquitectura.Evaluación de capacidades, incluyendo:<ul style="list-style-type: none">capacidades de negocio y TI.Plan de implementación y migración(descripción), incluyendo:<ul style="list-style-type: none">Estrategia de alto nivel de implementación y migración.	<ul style="list-style-type: none">Plan de implementación y migración (detallado), incluyendo:<ul style="list-style-type: none">Estrategia de implementación y migración.Distribución de proyectos y carteras de implementación.Cartas constitutivas de proyectos.Documento de definición de arquitectura finalizado, incluyendo:<ul style="list-style-type: none">Arquitecturas de transición finalizadas.Especificación de requerimientos de arquitectura, finalizada.Plan de itinerario de arquitectura.Bloques de construcción de arquitectura.Peticiones de trabajo de arquitectura para una nueva iteración del ADM (si existen).Modelo de gobierno de la implementación.Solicitudes de cambio para la capacidad arquitectónica que surgen de las lecciones aprendidas.

Fuente: Tomado de Josey (2011)

5. Fase G. Gobierno de la Implementación

La Fase G define como la arquitectura delimita los proyectos de implementación, la supervisa al mismo tiempo que se la construye, y produce un contrato de arquitectura firmado. En la Tabla A1.5 se especifica sus objetivos, pasos, entradas y salidas.

Tabla A1.5. Fase G. Gobierno de la Implementación.

Objetivos	Pasos
<ul style="list-style-type: none">• Asegurar la conformidad con la arquitectura de destino a través de los proyectos de implementación.• Realizar las funciones de gobierno de arquitectura apropiadas para la solución y para toda solicitud de cambio de la arquitectura impulsada por la implementación.	<ul style="list-style-type: none">• Confirmar el alcance y las prioridades para la implementación con la dirección de desarrollo de la empresa.• Identificar los recursos y habilidades requeridos para la implementación.• Guiar el desarrollo de la implementación de las soluciones.• Realizar revisiones de conformidad de arquitectura empresarial.• Poner en práctica la operación de negocio y ti.
Entradas	Salidas
<ul style="list-style-type: none">• Petición de trabajo de arquitectura.• Evaluación de capacidades.• Modelo de organización de arquitectura empresarial.• Marco de referencia de arquitectura adaptado.• Declaración de trabajo de arquitectura.• Visión de la arquitectura.• Repositorio de arquitectura.• Documento de definición de arquitectura.• Especificación de requerimientos de arquitectura.• Plan de itinerario de arquitectura.• Modelo de gobierno de la implementación.• Contrato de arquitectura.• Petición de trabajo de arquitectura identificado en las fases e y f.• Plan de implementación y migración.	<ul style="list-style-type: none">• Contrato de arquitectura (firmado).• Evaluaciones de conformidad.• Solicitudes de cambio.• Análisis de impacto – recomendaciones de implementación.• Soluciones implementadas que están en conformidad con la arquitectura incluyendo:<ul style="list-style-type: none">– El sistema implementado que está en conformidad con la arquitectura.– El repositorio de arquitectura cargado.– Recomendaciones de conformidad de arquitectura y excepciones.– Recomendaciones de requerimientos para la presentación de servicios.– Recomendaciones de métricas de rendimiento.– Acuerdos de nivel de servicios.– Visión de arquitectura, actualizada posteriormente a la implementación.– Documento de definición de arquitectura.– Modelo de operación de negocio y ti para solución implementada.

Fuente: Tomado de Josey (2011)

6. Fase H. Gestión del Cambio de la Arquitectura

En la Fase H se realizan actividades que permitan garantizar que los cambios en la arquitectura se lleven a cabo de la manera correcta y controlada. En la Tabla A1.6 se especifica sus objetivos, pasos, entradas y salidas.

Tabla A1.6. Fase H. Gestión del Cambio de la Arquitectura.

Objetivos	Pasos
<ul style="list-style-type: none">• Asegurar que el ciclo de vida de la arquitectura se mantenga.• Asegurar la ejecución del marco de referencia de gobierno de arquitectura.• Asegurar que la capacidad arquitectónica empresarial cumple con los requerimientos actuales.	<ul style="list-style-type: none">• Establecer el proceso de realización del valor.• Implementar las herramientas de supervisión.• Gestionar los riesgos.• Proporcionar los requerimientos de cambio para cumplir con los objetivos de rendimiento.• Gestionar el proceso de implementación de cambios.
Entradas	Salidas
<ul style="list-style-type: none">• Petición de trabajo de arquitectura.• Modelo organizacional de arquitectura empresarial.• Marco de referencia de arquitectura adaptado.• Declaración de trabajo de arquitectura.• Visión de la arquitectura.• Repositorio de arquitectura.• Documento de definición de arquitectura.• Especificación de requerimientos de arquitectura.• Plan de itinerario de arquitectura.• Solicitudes de cambio tecnológicos.• Solicitudes de cambio debido a cambios de negocio.• Solicitudes de cambio debido a lecciones aprendidas.• Modelo de gobierno de la implementación.• Contrato de arquitectura (firmado).• Evaluaciones de conformidad.• Plan de implementación y migración.	<ul style="list-style-type: none">• Actualizaciones de la arquitectura.• Cambios al marco de referencia de arquitectura y a los principios.• Nueva petición de trabajo de arquitectura, para iniciar otro ciclo del ADM.• Declaración de trabajo de arquitectura, actualizado, si fuera necesario.• Contrato de arquitectura, actualizado, si fuera necesario.• Evaluaciones de conformidad actualizadas, si fuera necesario.

Fuente: Tomado de Josey (2011)

7. Gestión de Requerimientos

La gestión de requerimientos de arquitectura es una actividad transversal que se aplica durante todas las fases del método de desarrollo arquitectónico. El proceso de

gestión de requerimientos es un proceso dinámico que aborda la identificación de los requerimientos de la institución, almacenándolos, y luego gestionándolos al ingreso y egreso de las fases relevantes del ADM (Josey, 2011). En la Tabla A1.7 se especifica sus objetivos, pasos, entradas y salidas.

Tabla A1.7. Gestión de Requerimientos.

Objetivos	Pasos
<ul style="list-style-type: none">• Asegurar que el proceso de gestión de requerimientos sea mantenido y operado en todas las fases relevantes del adm.• Gestionar los requerimientos de arquitectura identificados durante toda la ejecución del ciclo adm o en una de sus fases.• Asegurar que los requerimientos de arquitectura relevantes estén disponibles para el uso en cada fase cuando estas se ejecutan.	<ul style="list-style-type: none">• Identificar/documentar los requerimientos.• Establecer los requerimientos de la línea base.• Supervisar los requerimientos de la línea base.• Identificar cambios en los requerimientos; quitar, añadir, modificar y reexaminar prioridades.• Identificar cambios en los requerimientos y registrar las prioridades: identificar y resolver conflictos; generar declaraciones de impacto de requerimientos.• Evaluar el impacto de los cambios en los requerimientos en las fases actuales y previas del ADM.• Implementar los requerimientos que provienen de la fase h.• Actualizar el repositorio de requerimientos.• Implementar los cambios requeridos en la fase actual.• Evaluar y revisar los análisis de brechas de las fases anteriores.
Entradas	Salidas
<ul style="list-style-type: none">• Las entradas al proceso de gestión de requerimientos son las salidas relacionadas con requerimientos producidas en cada Fase del ADM.• Los primeros requerimientos de alto nivel se producen como parte de la Visión de la Arquitectura.• Cada dominio de la arquitectura genera entonces requerimientos detallados.• Los entregables de las fases posteriores del ADM contienen correlaciones a nuevos tipos de requerimientos.	<ul style="list-style-type: none">• Requerimientos con cambios.• Evaluación del impacto de los requerimientos para identificar las Fases del ADM que deben ser revisadas nuevamente para abordar los cambios. La versión final debe incluir todas las implicaciones de los requerimientos (por ejemplo, costos, plazos y métricas de negocio)

Fuente: Tomado de Josey (2011)

ANEXO 2: MARCO DE REFERENCIA DE CONTENIDO ARQUITECTÓNICO

En este anexo se describen los elementos del marco de referencia de contenido de arquitectura.

1. Entregables.

Los entregables son típicamente productos de trabajo de un proyecto arquitectónico, es posible que tales productos se vean limitados por un proyecto global o la gestión de un proyecto usando CMMI, PRINCE2, PMBOK, o MSP.

Los entregables producidos, como entradas y salidas por cada fase del ADM, se indican en la Tabla A2.1.

Tabla A2.1. Entregables de cada fase ADM.

Entregables	Salidas desde...	Entradas para ...
Bloques de construcción arquitectónicos.	F, H	A, B, C, D
Contrato Arquitectónico.	-	-
Documento de definición arquitectónico.	B, C, D, E, F	C, D, E, F, G, H
Principios Arquitectónicos.	Preliminar, A, B, C, D	Preliminar, A, B, C, D, E, F, G, H
Repositorio Arquitectónico.	Preliminar	Preliminar, A, B, C, D, E, F, G, H, Gestión de Requerimientos
Especificación de Requerimientos Arquitectónicos.	B, C, D, E, F, Gestión de Requerimientos.	C, D, Gestión de Requerimientos.
Hoja de ruta de Arquitectura	B, C, D, E, F	B, C, D, E, F
Visión Arquitectónica.	A, E	B, C, D, E, F, G, H, Gestión de Requerimientos.
Principios de Negocio, Metas de Negocio, y Conductores de Negocio.	Preliminar, A, B	A, B
Evaluación de Capacidades.	A, E	B, C, D, E, F
Petición de Cambio.	F, G, H	-----
Plan de comunicaciones	A	B, C, D, E, F
Evaluación de Cumplimiento.	G	H
Plan de migración e implementación.	E, F	F
Modelo de gobierno de la implementación	F	G, H
Modelo Organización para la Empresa.	Preliminar	Preliminar, A, B, C, D, E, F, G, H, Gestión de Requerimientos.
Petición de trabajo Arquitectónico.	Preliminar, F, H	A, G
Evaluación del Impacto de los requerimientos.	Gestión de Requerimientos.	Gestión de Requerimientos.



Bloques de construcción de solución.	G	A, B, C, D, E, F, G
Declaración del trabajo arquitectónico.	A, B, C, D, E, F, G, H	B, C, D, E, F, G, H, Gestión de Requerimientos.
Marco de trabajo arquitectónico adaptado.	Preliminar, A	Preliminar, A, B, C, D, E, F, G, H, Gestión de Requerimientos.

Fuente: Tomado de The Open Group (2011)

2. Artefactos.

Un artefacto representa un modelo individual de un sistema o solución, el cual puede ser reutilizado en varios contextos. En casos generales los entregables contendrán artefactos y cada artefacto podría existir en muchos entregables.

Los artefactos arquitectónicos se crean con el fin de describir un sistema, solución, o estado de la institución. Los artefactos a desarrollar van de acuerdo a la norma ISO/IEC 42010: 2007.

3. Desarrollo de vistas en el ADM.

El arquitecto es el responsable de la elección de las vistas necesarias para la representación de la arquitectura, las cuales deben ser significativas para los interesados en donde se encuentran representados sus requerimientos y preocupaciones.

En el proceso para la creación de las vistas a menudo se utiliza los siguientes pasos:

- Consultar una librería/biblioteca existente de “puntos de vista”.
- Seleccionar un “punto de vista” apropiado.
- Generar vistas del sistema mediante el uso de puntos de vista seleccionados como plantillas.

En la Figura 1 se presenta las diferentes vistas arquitectónicas dentro del ADM:

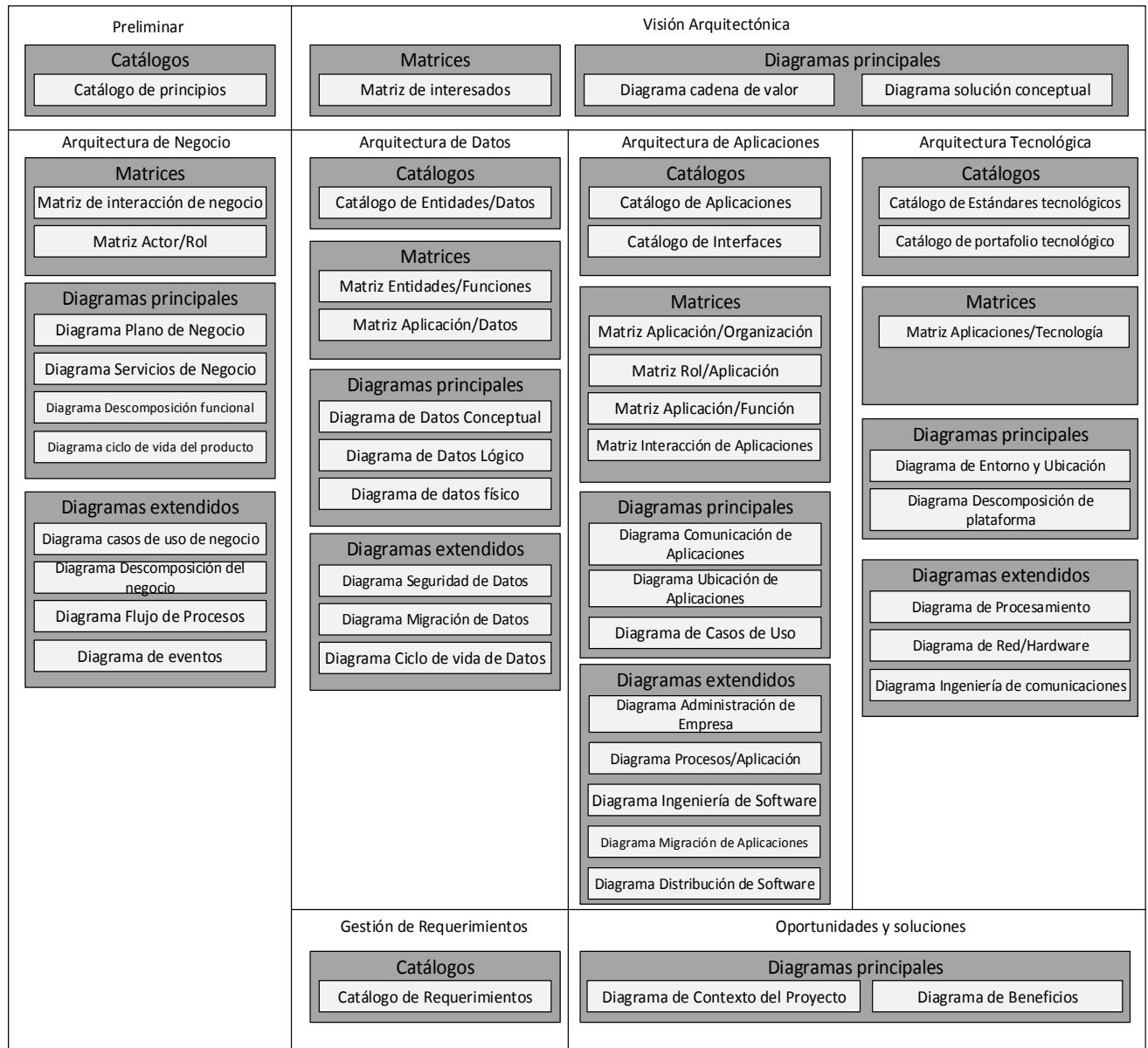


Figura 1. Puntos de vista asociados con el metamodelo de contenido arquitectónico.

Fuente: Adaptado de The Open Group (2011)

4. Bloques de Construcción.

Las características representativas de los bloques de construcción son:

- Un bloque de construcción es un paquete de funcionalidad definido para reunir las necesidades del negocio dentro de la institución.
- Un bloque de construcción puede interoperar con otros.

Procesos de especificación de bloques de construcción en el ADM.

El proceso de definición de los bloques de construcción se desarrolla a la par con el desarrollo del ADM, sobre todo en las fases A, B, C y D.

En la Figura 2 se representan los pasos claves dentro del ADM para la definir los bloques de construcción.

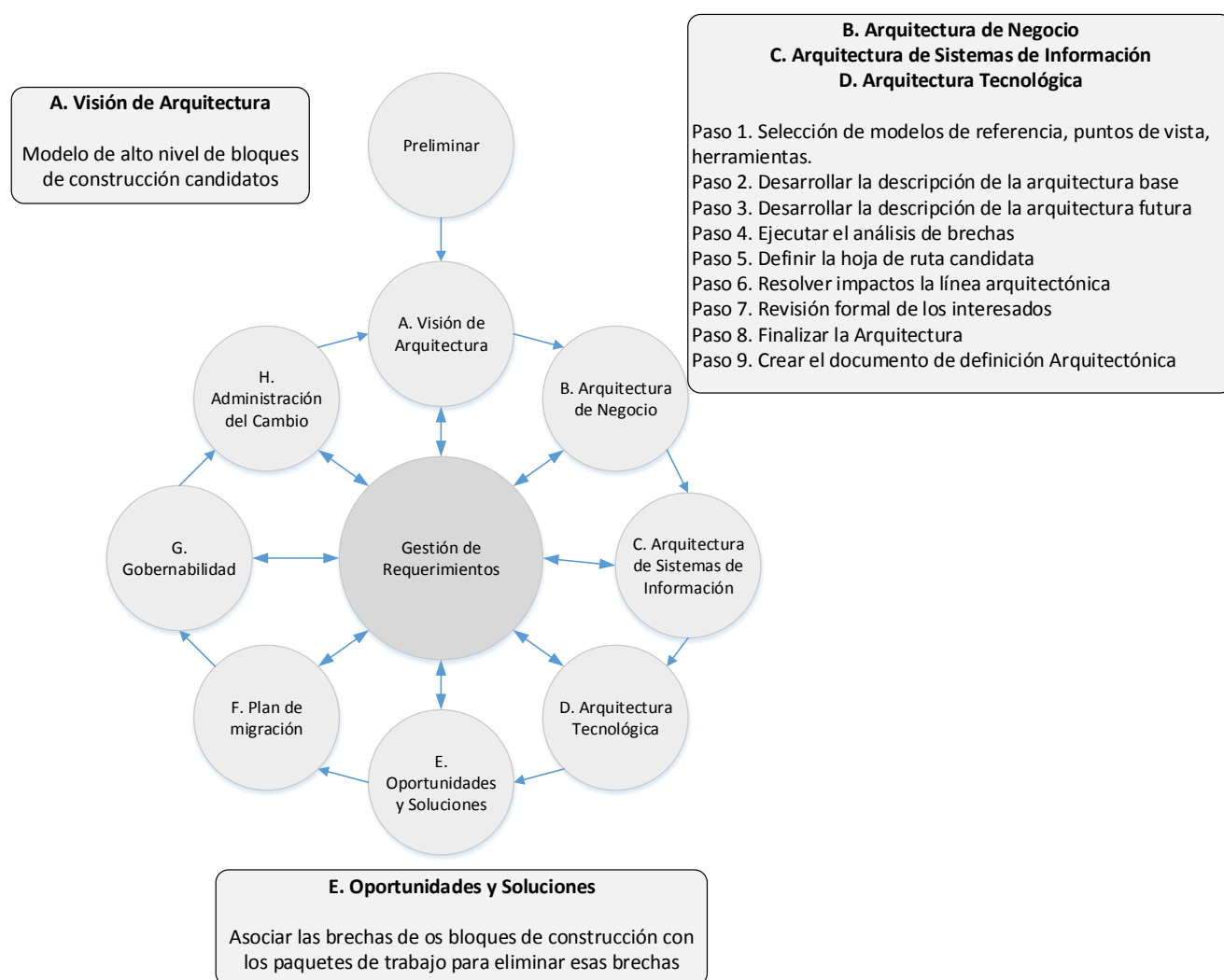


Figura 2. Fases y pasos principales del ADM.
Fuente: Adaptado de The Open Group (2011)



ANEXO 3. PRINCIPIOS ARQUITECTÓNICOS DE APLICACIONES

Proyecto: Modelo de Referencia para la implementación de la Arquitectura de Sistemas de Información

Cliente: Universidad Técnica Particular de Loja

Versión 1.0

Noviembre 2016



Tabla de Contenidos

Principios Arquitectónicos	162
1. Introducción.....	162
1.1. Propósito.....	162
1.2. Definiciones, Acrónimos y Abreviaturas	162
1.3. Referencias	163
2. Principios Arquitectónicos de Aplicaciones.....	163



Información del Documento

Nombre del Proyecto:	Arquitectura de Sistemas de Información		
Preparado por:	Jorge Stalin Calderón Bustamante	Versión No:	1.0
Título:	Principios Arquitectónicos	Fecha Versión:	13/11/16
Revisado por:		Fecha de Revisión:	

Lista de Distribución

Desde		Fecha	Teléfono/Fax/Email
Jorge Stalin Calderón Bustamante			0986456083
A	Acción*	Fecha fin	Teléfono/Fax/Email
Armando Cabrera Silva	En revisión		
Villie Morocho	En revisión		

* Acciones: Aprobado, En revisión, Informe, Archivo

Historia de Versiones del Documento

Número Versión	Fecha Versión	Revisado por	Descripción	Archivo
1.0		ACA	Creación del primer borrador del documento de Principios Arquitectonicos.	ARQ_APP_PAR_V_1.0

Principios Arquitectónicos

1. Introducción

En el presente documento se especifican los Principios Arquitectónicos que deben cumplir los Sistemas de Información de las IES y puntualmente para el caso de estudio, los sistemas de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL). Los Principios Arquitectónicos hacen referencia a reglas, guías, cuestiones de diseño, mecanismos de implementación, lineamientos, etc., para la correcta implementación y/o adopción de plataformas tecnológicas para el soporte de los procesos de negocio de la institución. Estos principios son la base para establecer las reglas que regirán la implantación de una arquitectura deseada o futura, por lo que es primordial tomar en cuenta dichos principios.

Para la especificación de los Principios Arquitectónicos se utilizó y adaptó la plantilla propuesta por TOGAF 9.1.

1.1. Propósito

El propósito de este documento es definir los Principios Arquitectónicos para el dominio de Sistemas de Información en las IES, los mismos que permitirán definir las reglas que gobiernan la arquitectura de los SI.

1.2. Definiciones, Acrónimos y Abreviaturas

UTPL: Universidad Técnica Particular de Loja.

IES: Instituciones de Educación Superior

1.3. Referencias

- [1] Kruchten, P. (1995). *Architectural Blueprints — The “4+1” View Model of Software Architecture* IEEE Software.
- [2] Kuchana, P. (2014). *Software Architecture Design Patterns in Java*. Washington, AUERBACH PUBLICATIONS.
- [3] Group, T. O. (2009). *The Open Group Architecture Framework (TOGAF)*
- [4] Celestial Consulting, (2014). TOGAF AIDES. Recuperado el 2 de abril 2015 de <https://celestialconsulting.atlassian.net/wiki/display/DIS/TOGAF+Reference+Models>

2. Principios Arquitectónicos de Aplicaciones.

En la presente sección se describen los Principios Arquitectónicos de las aplicaciones o SI para las IES. El nombre de los principios debe representar la esencia de la regla y cumplir básicamente los siguientes lineamientos:

- Nombre fácil de recordar.
- Agnósticos a la tecnología.
- Evitar el uso de palabras ambiguas como: considerar, evitar, apoyar, etc.

A continuación, se listan los principios arquitectónicos relacionados a los SI que toda IES debe contemplar.

Nombre	TRAZABILIDAD
Referencia	PAA01
Descripción	La Arquitectura de Aplicaciones debe habilitar a los procesos de negocio.
Fundamento	Alineación con el negocio. Construir para el cambio. Facilita la transformación de la arquitectura del negocio. Habilita la trazabilidad de los requerimientos del negocio. Maximiza la eficacia desarrollo del proyecto. Minimiza inconformidades en los requerimientos.
Implicaciones	Necesidad de garantizar la conformidad de la práctica de Arquitectura Empresarial en la creación de artefactos. Necesidad de seguir una metodología de ciclo de vida del desarrollo de sistemas o normas aplicables. Necesidad de documentar adecuadamente los requisitos de las partes interesadas.

Nombre	FLEXIBILIDAD
Referencia	PAA02
Descripción	La Arquitectura de Aplicaciones debe ser altamente modular, multi-capas, flexible y sus componentes deben estar débilmente acoplados.
Fundamento	Optimiza la agilidad. Minimiza la complejidad en la integración.



	<p>Simplifica la implementación, despliegue y mantenimiento.</p> <p>Mejora la escalabilidad, capacidad de actualización, compatibilidad.</p> <p>Garantiza la reusabilidad de servicios y componentes.</p> <p>Facilita y mejora la mantenibilidad.</p> <p>Habilita cambios en la plataforma tecnológica con efectos mínimos en los procesos de negocio.</p> <p>Habilita Arquitectura Basada en Componentes (CBA) & Arquitectura Orientada a Servicios (SOA).</p>
Implicaciones	<p>Necesidad de implementar un patrón arquitectónico en capas (n-tier).</p> <p>Necesidad de utilizar patrones de diseño en la construcción de aplicaciones.</p> <p>Necesidad de establecer un enfoque común de integración.</p> <p>Debe considerar la implementación de arquitecturas basadas en componentes, servicios(SOA).</p> <p>Una estrategia de empresa orientada a servicios puede ser necesario poner en marcha.</p>

Nombre	INTEGRABILIDAD
Referencia	PAA03
Descripción	La Arquitectura de Aplicaciones debe reducir la complejidad de la integración e incrementar la simplicidad de las aplicaciones.
Fundamento	<p>Reduce los costos.</p> <p>Agiliza los procesos de negocio.</p> <p>Facilita la reutilización.</p> <p>Mejora la integración.</p> <p>Minimiza los impactos en el desarrollo de aplicaciones.</p> <p>Disminuye el soporte y mantenimiento de aplicaciones.</p> <p>Reduce al máximo la duplicación de sistemas.</p> <p>Incrementa la flexibilidad de las aplicaciones.</p>
Implicaciones	<p>Necesidad de seguir estándares.</p> <p>Necesidad de un plan para la integración.</p> <p>Necesidad de desarrollar interfaces con bajo acoplamiento.</p> <p>Necesidad de publicar puntos de integración de aplicaciones.</p>

Nombre	ORIENTACIÓN A SERVICIOS
Referencia	PAA04
Descripción	La Arquitectura de Aplicaciones debe seguir un enfoque orientado a servicios (SOA) y en la nube (Cloud Computing).
Fundamento	<p>Ocultar a los usuarios de negocios la complejidad de los entornos heterogéneos TI.</p> <p>Permitir a los procesos de negocio internos y externos que se combinen y recombinen para apoyar la flexibilidad en la ejecución de procesos de negocio.</p> <p>Mejora la agilidad de los negocios.</p> <p>Proporciona una arquitectura de TI más flexible, ágil y rentable.</p> <p>Ayuda a garantizar una mejor interoperabilidad.</p> <p>Soporta las transformaciones de servicios.</p> <p>Mejora la oferta de servicios.</p> <p>Reducción potencial de costes a través de la reutilización los activos de TI.</p> <p>Crear oportunidades para la integración del negocio/servicios.</p> <p>Mejorar la calidad del software y el tiempo de construcción (aplicaciones compuestas).</p> <p>Promover la Colaboración.</p>
Implicaciones	<p>Utilizar un enfoque basado en estándares.</p> <p>La seguridad y la privacidad deben ser altamente consideradas.</p>



Nombre	COMPRAR VERSUS CONSTRUIR
Referencia	PAA05
Descripción	La Arquitectura de Aplicaciones debe soportar el concepto de reutilización antes de comprar, y de comprar antes que construir.
Fundamento	Reducir costos. Alinear los requerimientos de negocio. Minimizar el desarrollo de aplicaciones, los costos de soporte y mantenimiento y las consecuencias para los recursos relacionados.
Implicaciones	Necesidad de realizar análisis de ajuste y costo-beneficio. Necesidad de cumplir con directivas y políticas de operación de TI. Necesidad de tener en cuenta al mercado. Necesidad de planificar para la integración. Necesidad de seguir las guías de solución adquiridas de conformidad con la práctica de la Arquitectura Empresarial.

Nombre	CONSOLIDACIÓN
Referencia	PAA06
Descripción	La Arquitectura de Aplicaciones debe promover primero la consolidación y luego la integración.
Fundamento	Reducir costos. Reducir la complejidad de la integración. Facilitar la consolidación de funciones similares. Minimizar la duplicación de soluciones. Incrementa la reutilización a través de la empresa. Simplifica el mantenimiento y soporte de aplicaciones.
Implicaciones	Necesidad de realizar análisis de ajuste y costo-beneficio. Necesidad de cumplir con directivas y políticas de operación. Necesidad de que se cumpla con directivas de TI y políticas de operación. Necesidad de que se tenga en cuenta al mercado. Necesidad de que se planifique para la integración. Necesidad de que se sigan guías de solución de conformidad con la práctica de la Arquitectura Empresarial.
Nombre	INTEROPERABILIDAD
Referencia	PAA07
Descripción	La Arquitectura de Aplicaciones debe habilitar la interoperabilidad.
Fundamento	Soporta iniciativas inter-empresariales de colaboración. Facilita la consolidación de funcionalidades. Facilita el intercambio de información entre patrones internos y externos. Soporta procesos de racionalización. Permite reducir costos.
Implicaciones	Necesidad de aplicar normas de seguridad. Requiere estándares abiertos o de la industria. Necesidad de utilizar interfaces estándares.

Nombre	REUSABILIDAD
Referencia	PAA08
Descripción	La Arquitectura de aplicaciones debe ayudar con el diseño de aplicaciones para su reutilización.
Fundamento	Reducir costos. Fomenta la reutilización en la empresa. Alimenta la futura reutilización de sus componentes / servicios comunes y aplicaciones. Promueve el ensamblado de aplicaciones y la integración de componentes. Aumenta el número de aplicaciones / componentes comunes / servicios disponibles para su uso por otras nuevas aplicaciones. Garantiza la coherencia en el desarrollo de componentes / servicios.



Implicaciones	Necesidad de que se reutilicen componentes de aplicaciones existentes o servicios cuando sea factible. Necesidad de que se empleen arquitecturas basadas en componentes u orientada a servicios. Utilizar la Arquitectura orientada a servicios (SOA) como patrón arquitectónico preferido. Una estrategia arquitectónica orientada a servicios puede ser necesaria ponerse en marcha.
----------------------	---

Nombre	COMPARTIBILIDAD
Referencia	PAA09
Descripción	La Arquitectura de aplicaciones debe tener un enfoque de cartera (portafolio) para el análisis, planificación, diseño, gobierno, y optimización de las aplicaciones empresariales.
Fundamento	Optimizar las inversiones que se realizan en la compra de aplicaciones. Mejorar de reutilización. Mejora la planificación de aplicaciones. Mejorar la gestión de activos de TI.
Implicaciones	Reducir el número de aplicaciones. Aplica análisis de brechas, en aplicaciones. Permitir un enfoque de planificación y priorización de aplicaciones en toda la empresa.

Nombre	ACTUALIZACIONES
Referencia	PAA10
Descripción	La Arquitectura de Aplicaciones debe anticipar y planificar el reemplazo y transición de las aplicaciones legadas.
Fundamento	Reduce al mínimo la probabilidad y el riesgo de desarrollar e implementar aplicaciones que son funcionalmente deficientes. Reduce la probabilidad de que las implementaciones de soluciones sean costosas y de difícil mantenimiento. Ayuda con la planificación para la sustitución de las aplicaciones - reduce los esfuerzos sustitución y mantenimiento. Facilita una postura receptiva de la empresa receptiva en cuanto a TI que pueda responder a los requisitos cambiantes a través del tiempo.
Implicaciones	Necesidad de que se establezca una estrategia de renovación de sistemas legados. Tanto el negocio como TI deben trabajar conjuntamente en busca de las mejores estrategias de renovación posible. Necesidad de que se desarrolle un esquema de prioridades para reemplazar sistemas obsoletos, legados y redundantes.

Nombre	CUMPLIMIENTO
Referencia	PAA11
Descripción	Las aplicaciones deben ser desarrolladas usando estándares metodológicos comunes.
Fundamento	Estandarizar metodologías de desarrollo. Aumentar la probabilidad de producir entregables de alta calidad. Reducir costos a través de la utilización de metodologías y herramientas comunes.
Implicaciones	Los estándares de Ciclos de Vida de Desarrollo de Sistemas (SDLC) deben adoptarse para maximizar la eficacia del proceso de desarrollo. La formación del personal es requerida para la utilización de los estándares de desarrollo.

Nombre	MANTENIBILIDAD
Referencia	PAA12
Descripción	La Arquitectura de Aplicaciones y las aplicaciones deben ser documentadas comprensivamente.
Fundamento	Alineado con el negocio. Facilita la transformación de la arquitectura de negocios. Mejora la trazabilidad de los requerimientos del negocio. Maximiza la eficacia del proyecto de desarrollo. Minimiza potenciales desajustes entre requerimientos. Soporta el mantenimiento futuro del sistema.



Implicaciones	<p>Necesidad de que se asegure la adherencia de la práctica arquitectónica en la creación de artefactos.</p> <p>Necesidad de que se garantice que el diseño de aplicaciones refleje la utilización de los principios de la arquitectura de aplicaciones, prácticas y normas.</p> <p>Necesidad de que se garantice la trazabilidad de los requisitos mediante las referencias cruzadas de los requisitos del sistema con elementos de diseño.</p> <p>Necesidad de que se siga una metodología de desarrollo y/o norma aplicable.</p>
----------------------	---

Nombre	SEGURIDAD
Referencia	PAA13
Descripción	Las aplicaciones deben cumplir con requerimientos arquitectónicos de seguridad.
Fundamento	<p>Alienación con las políticas, normas y procedimientos de seguridad.</p> <p>Facilita la transformación de los requisitos de seguridad.</p> <p>Mejora la trazabilidad de los requisitos de seguridad.</p> <p>Maximizar la eficacia de las aplicaciones seguras.</p> <p>Reduce al mínimo los riesgos de seguridad.</p>
Implicaciones	<p>Necesidad de garantizar la conformidad con la práctica de Arquitectura Empresarial en la creación de artefactos de seguridad de aplicaciones.</p> <p>Necesidad de garantizar que el diseño de aplicaciones refleje los principios seguridad arquitectónica, prácticas y normas.</p> <p>Necesidad de seguir las mejores prácticas de desarrollo de aplicaciones seguras.</p>



ANEXO 4. VISIÓN ARQUITECTÓNICA

Proyecto: Modelo de Referencia para la implementación de la Arquitectura de Sistemas de Información

Cliente: Universidad Técnica Particular de Loja

Versión 1.0

Diciembre 2016



Tabla de Contenidos

1.	Introducción.....	173
1.1.	Propósito.....	171
1.2.	Definiciones, Acrónimos y Abreviaturas	171
1.3.	Referencias	171
2.	Descripción del problema	172
2.1.	Definición del Alcance	172
2.2.	Interesado	¡Error! Marcador no definido. 174
2.3.	Requerimientos e incidencias.....	173
2.4.	Conductores del cambio y oportunidades.....	174
3.	Objetivos	174
4.	Entorno y modelo de procesos	175
5.	Modelo de la Arquitectura futura.....	175
6.	Declaración final de la visión	177



Información del Documento

Nombre del Proyecto:	Arquitectura de Sistemas de Información		
Preparado por:	Jorge Stalin Calderón Bustamante	Versión No:	1.0
Título:	Visión Arquitectónica	Fecha Versión:	15/12/16
Revisado por:		Fecha de Revisión:	

Lista de Distribución

Desde		Fecha	Teléfono/Fax/Email
Jorge Stalin Calderón Bustamante			0986456083
A	Acción*	Fecha fin	Teléfono/Fax/Email
Armando Cabrera Silva	En revisión		
Villie Morocho	En revisión		

* Acciones: Aprobado, En revisión, Informe, Archivo

Historia de Versiones del Documento

Número Versión	Fecha Versión	Revisado por	Descripción	Archivo
1.0		ACA	Creación del documento de Visión Arquitectónica.	ARQ_APP_VISION_ARQUITECTONICA_V_1.0
1.1		ACA	Ajustes al modelo general de la visión arquitectónica	ARQ_APP_VISION_ARQUITECTONICA_V_1.1



1. Introducción

En el presente documento se especifica la visión arquitectónica para la UTPL, identificando el contexto del negocio y la descripción del problema con el fin de diseñar la arquitectura futura de forma general.

Tomando en cuenta que la UTPL es una institución grande y compleja, se ha definido como alcance para el presente caso de estudio los procesos de Admisión y Matrícula en las diferentes carreras que oferta la UTPL. En estos procesos se identificarán sus interesados, sus relaciones, restricciones, etc., que permitirán definir y modelar la arquitectura objetivo.

El presente entregable servirá de entrada para la fase de la Arquitectura de Sistemas de Información, en donde se realizará un estudio detallado de la arquitectura de aplicaciones, tomando como base la declaración de la visión del presente documento. Para la especificación de la Visión Arquitectónica se utilizó y adaptó la plantilla propuesta por TOGAF 9.1.

1.1. Propósito

El propósito de este documento es el de proveer a un alto nivel la arquitectura objetivo dentro del contexto y alcance definido, brindando soporte a la comunicación entre los interesados mediante un resumen ejecutivo de la visión arquitectónica de la UTPL.

1.2. Definiciones, Acrónimos y Abreviaturas

UTPL: Universidad Técnica Particular de Loja.

Interesados: Personas que están involucradas en un determinado proceso o proyecto.

1.3. Referencias

[1] The Open Group. (2011). TOGAF®, an Open Group standard | The Open Group. Recuperado 3 de septiembre de 2016, a partir de <http://www.opengroup.org/subjectareas/enterprise/togaf>

[2] IBM. (n.d.). IBM Knowledge Center - Building deliverables for Phase A: Architecture Vision. Recuperado el 19 de noviembre de 2016, a partir de http://www.ibm.com/support/knowledgecenter/SS6RBX_11.4.3/com.ibm.sa.togaf9.doc/topics/t_bldphs_a.html

2. Descripción del problema

2.1. Definición del alcance

De acuerdo a la cadena de valor de la UTPL, el presente caso de estudio se centrará en los macro procesos denominados *Admisión* y *Matrícula* que son parte de los procesos misionales de la institución y están orientados a los estudiantes y a la sociedad en general. En la Figura 1, se puede apreciar la ubicación de los procesos objeto de estudio dentro de la cadena de valor. Es importante señalar que la cadena de valor presentada es una propuesta tomado de la tesis denominada “Modelo de referencia de negocio basado en TOGAF para la Universidad Técnica Particular de Loja”.

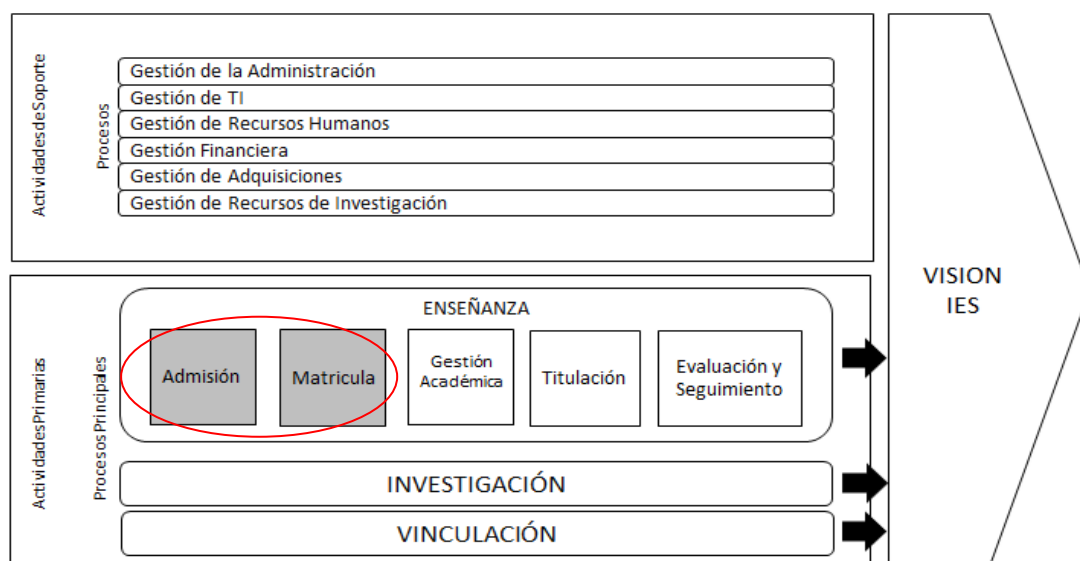


Figura 1. Cadena de valor propuesta para la UTPL.

Fuente: Tomado de tesis “Modelo de referencia de negocio basado en TOGAF para la Universidad Técnica Particular de Loja”

2.2. Interesados

Para la identificación de los interesados es importante conocer sus intereses, poder de decisión y preocupaciones con el fin de obtener los insumos para el visionamiento arquitectónico.



Los interesados que intervienen en los procesos de Admisión y Matrícula para la UTPL se presentan en la Tabla A4.1.

Tabla A4.1. Listado de interesados

Interesado	Descripción	Poder de decisión	Preocupaciones
Rector-Canciller	Autoridad principal de la universidad	Alto	Ofrecer servicios de educación de calidad a la comunidad. Fortalecer la visión y misión de la institución.
Director General Financiero	Responsable de estado financiero de la universidad	Alto	Mantener un nivel de facturación que permita operar de forma adecuada a la universidad. Disminuir la cartera vencida.
Director de Operaciones	Responsable por el modelo operativo de la universidad	Alto	Velar por la correcta ejecución de los procesos bajo un modelo de mejora continua.
Gerente de TI	Responsable de las tecnologías de la información	Medio	Apoyo estratégico a la universidad mediante el uso de las TICs.
Gerente de Servicios Estudiantiles	Responsable de la atención a los estudiantes sobre los trámites académicos	Medio	Mejorar la calidad en la atención a los estudiantes en cada uno de los centros universitarios.
Líderes de área (administrativa, técnica, biológica, humanística)	Responsables de cada una de las áreas de la universidad	Medio	Resolución oportuna de los trámites de los estudiantes en cada una de las carreras de la universidad.
Operativos	Responsable de ejecutar el modelo operativo de la universidad	Bajo	Ejecutar correctamente las tareas encomendadas.

2.3. Requerimientos e incidencias

De acuerdo a las necesidades del negocio, se debe contemplar y/o mejorar en la UTPL los siguientes puntos:

- Alineamiento entre los procesos y tecnología, brindando soluciones tecnológicas e innovadoras que apoyen la estrategia de la institución.
- Interoperabilidad de los diferentes sistemas para el soporte de los procesos del negocio.
- Brindar servicios autónomos a los estudiantes en cuanto a los procesos que debe seguir en la institución.
- Mejorar la productividad del personal, enfocándose en tareas que aporten valor y disminuyendo la carga operativa mediante la automatización de procesos.

- Agilidad organizacional ante requerimientos de cambios, debido a regulaciones internas o externas.

2.4. Conductores del cambio y oportunidades

Con el fin de obtener la visión del negocio expuesta en el punto anterior, es necesario tomar en cuenta los siguientes elementos como oportunidades y conductores del cambio para la consecución de los objetivos.

- Adopción de tecnologías disruptivas (social, movilidad, analítica, cloud, internet de las cosas).
- Disponibilidad de los sistemas informáticos.
- Continuidad del negocio.
- Accesibilidad a la información.
- Flexibilidad para soportar cambios del negocio.
- Aplicaciones usables, escalables, con un óptimo rendimiento.

3. Objetivos

Los siguientes son los objetivos principales de la UTPL, referente al macro proceso “Admisión y Matrícula”.

- Proveer una plataforma tecnológica robusta que permita brindar servicios de calidad a los estudiantes y personal interno de la institución.
- Responder de forma ágil desde TI a los cambios o solicitudes en los servicios.
- Lograr un retorno de inversión en los proyectos tecnológicos implementados.
- Consolidar el modelo efectivo y dinámico para la gestión de los recursos de infraestructura tecnológica.

- Consolidar el amplio rango de proveedores tecnológicos que actualmente se mantiene, a través de modelos de referencia que permitan normar la adquisición o desarrollo de plataformas tecnológicas y así generar valor a la institución.

4. Entorno y modelo de procesos

Para la definición de la arquitectura actual y futura, se definió como alcance el estudio del proceso *Admisión y Matrícula*, el mismo que hace referencia a todos los subprocesos que permiten a la persona ingresar a la universidad para estudiar una carrera ya sea de pregrado o postgrado. En la Figura 2 se presenta el flujo del proceso (Nivel 1) de *Admisión y Matrícula* representado en la cadena de valor de la UTPL (Figura 1). Aquí se puede apreciar que el proceso inicia con la admisión, posteriormente con la solicitud de matrícula, luego el pago, la entrega del material bibliográfico y finalmente con la legalización, los mismos que se constituyen en los 5 principales subprocesos.

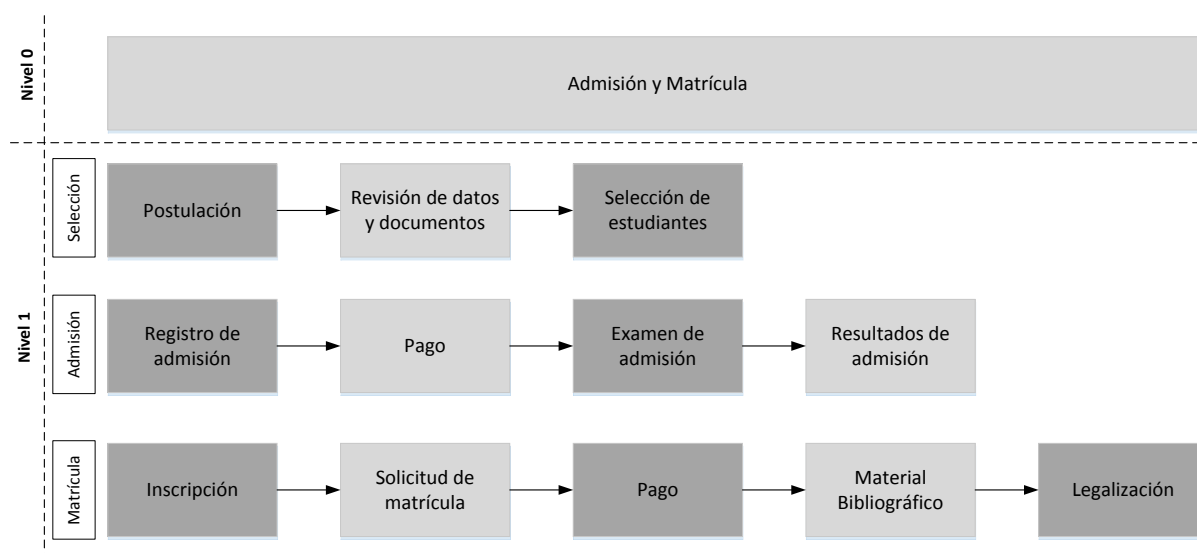


Figura 2. Proceso de Selección, Admisión y Matrícula (Nivel 1)

Fuente. El autor

5. Modelo de la Arquitectura futura

En esta sección se pretende dar una visión general de la Arquitectura futura en relación a los sistemas de información de la UTPL, por tal razón de forma gráfica se

representará los componentes y/o elementos principales que deben ser contemplados para lograr implantar el nuevo modelo arquitectónico.

En la Figura 3 se representa la visión arquitectónica, teniendo en cuenta un enfoque agnóstico a la tecnología y contemplando tanto el dominio de negocios como el tecnológico. El modelo propuesto se basa en una agrupación lógica de capas de servicios que luego serán mapeados a plataformas tecnológicas que cumplan con los principios arquitectónicos definidos en la fase preliminar y brinden los beneficios esperados por la institución.

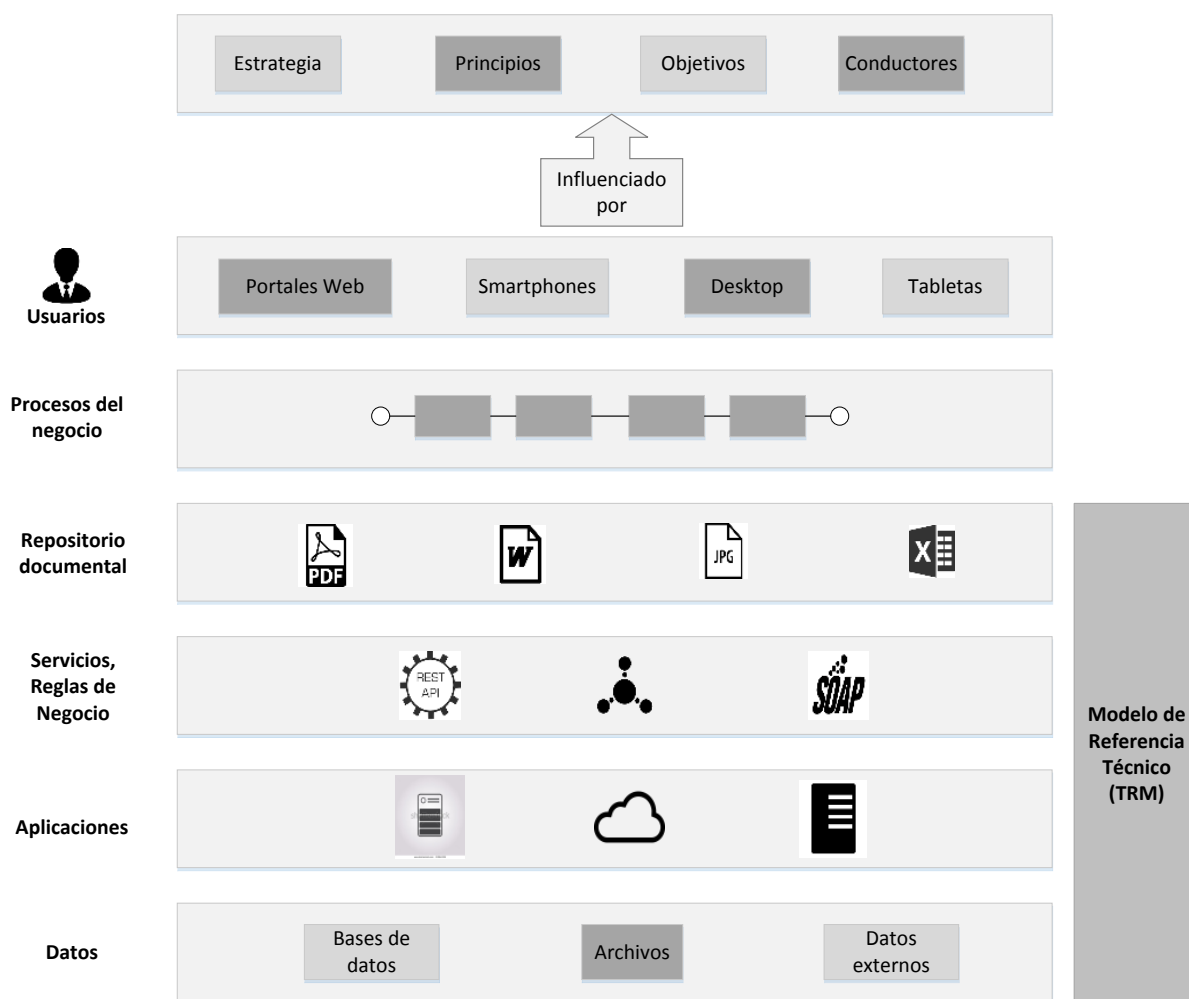


Figura 3. Visión de la Arquitectura de Aplicaciones.
Fuente. El autor



6. Declaración final de la visión

La visión de la Arquitectura de Aplicaciones propuesta en el presente documento, tiene la finalidad de proveer una infraestructura tecnológica capaz de soportar los procesos de la UTPL, brindando servicios de calidad a los estudiantes y personal interno. El ecosistema de aplicaciones que se desea implantar en la Institución permitirá mejorar la automatización, interoperabilidad, estandarización, disponibilidad, flexibilidad, escalabilidad, etc., reduciendo así los riesgos de futuras implementaciones de sistema aislados o adquisiciones de tecnologías que no están alineadas a la arquitectura definida en la UTPL.



ANEXO 5. DOCUMENTO DE ARQUITECTURA DE APLICACIONES: ESTADO ACTUAL

Proyecto: Modelo de Referencia para la implementación de la
Arquitectura de Sistemas de Información

Cliente: Universidad Técnica Particular de Loja

Versión 1.0

Diciembre 2016



Tabla de Contenidos

1.	Introducción.....	181
1.1	Propósito.....	181
1.2	Alcance	182
1.3	Definiciones, Siglas y abreviaturas.....	182
1.4	Referencias.....	182
1.5	Visión General.....	183
2.	Representación Arquitectónica.....	183
3.	Metas y Restricciones Arquitectónicas	184
4.	Vista de Casos de Uso.....	184
4.1	Casos de uso Sistema de Gestión Académica	185
4.2	Casos de uso Servicios Académicos en Línea	186
4.3	Casos de uso Sistema de Facturación Académico.....	186
4.4	Casos de uso Portal de Pago en Línea	187
5.	Vista Lógica.....	188
5.1	Sistema de Gestión Académico y Servicios Académicos en Línea.....	188
5.2	Sistema de Facturación Académico y Portal de Pago en Línea.....	190
6.	Vista de Procesos	190
6.1	Sistema de Gestión Académico y Servicios Académicos en Línea.....	191
6.2	Sistema de Facturación Académico y Portal de Pago en Línea.....	191
7.	Vista de despliegue.....	192
7.1	Sistema de Gestión Académico.....	192
7.2	Servicios Académicos en Línea.....	193
7.3	Sistema de Facturación Académico	194
7.4	Portal de Pago en Línea.....	195
8.	Vista de Implementación	196
8.1	Sistema de Gestión Académico y Servicios Académicos en Línea.....	197
8.2	Sistema de Facturación Académico y Portal de Pago en Línea.....	197



Información del Documento

Nombre del Proyecto:	Arquitectura de Sistema de Información		
Preparado por:	Jorge Stalin Calderón Bustamante	Versión No:	1.0
Título:	Arquitectura de Aplicaciones: Estado Actual	Fecha Versión:	10/12/16
Revisado por:		Fecha de Revisión:	

Lista de Distribución

Desde		Fecha	Teléfono/Fax/Email
Jorge Stalin Calderón Bustamante			0986456083
A	Acción*	Fecha fin	Teléfono/Fax/Email
Armando Cabrera Silva	En revisión		
Villie Morocho	En revisión		

* Acciones: Aprobado, En revisión, Informe, Archivo

Historia de Versiones del Documento

Número Versión	Fecha Versión	Revisado por	Descripción	Archivo
1.0		ACA	Creación del documento de Arquitectura de Aplicaciones: Estado Actual.	ARQ_APP_ARQUITEC TURA_ACTUAL_V_1.0
1.1		ACA	Ajustes al diagrama de la vista física del modelo 4+1 vistas.	ARQ_APP_ARQUITEC TURA_ACTUAL_V_1.1

1. Introducción

Este documento se basa en el modelo de Arquitectura de 4+1 vistas de Philippe Kruchten, el mismo que permite describir la arquitectura actual de los principales sistemas que dan soporte a los procesos de Admisión y Matrícula en la UTPL. El enfoque principal de esta forma de documentar la arquitectura, es describir el software desde diferentes perspectivas o vistas, cada una de estas vistas representa varios aspectos y características del producto. El nombre de esta arquitectura se debe a que consta de 5 vistas principales que son:

- Vista Lógica
- Vista de Desarrollo
- Vista de Procesos
- Vista Física (Despliegue)
- Vista de Casos de Uso

1.1. Propósito

El Documento de Arquitectura de Software (SAD) proporciona una visión global de la arquitectura de los siguientes sistemas enfocados en los procesos de Admisión y Matrícula en la UTPL.

- Sistema de Gestión Académico
- Servicios Académicos en Línea
- Sistema de Facturación Académico
- Portal de Pago en Línea

El objetivo del presente documento es evidenciar y documentar las decisiones arquitectónicas más importantes que se tomaron para el desarrollo de los sistemas antes mencionados con el fin de reflejar la situación actual.

El modelo de vistas 4+1 se presenta en la Figura 1.

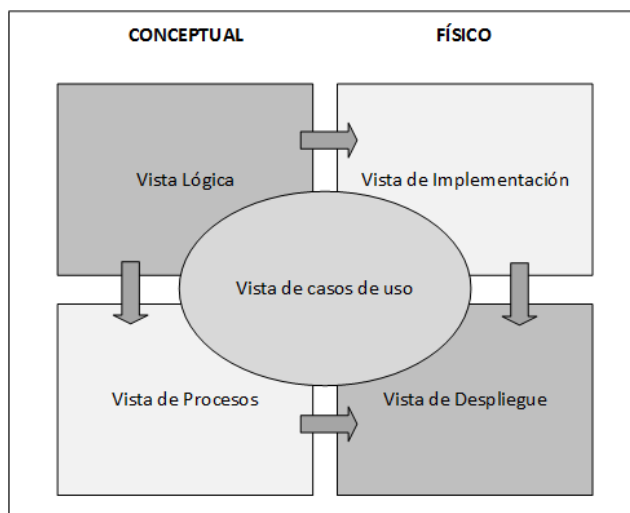


Figura 1. Modelo 4+1 vistas.
Fuente: Tomado de Kruchten (1995)

1.2. Alcance

El alcance del presente documento es describir la arquitectura de los principales sistemas que posee la UTPL y que brindan soporte a los procesos de Admisión y Matrícula, como parte del caso de estudio de aplicación del modelo propuesto para la definición de la Arquitectura de los Sistemas de Información en las IES.

1.3. Definiciones, siglas y abreviaturas

UML: Unified Modeling Language

SAD: Software Architecture Document

Clúster: Agrupación de dos o más servidores para balanceo de carga a nivel de base de datos.

Granja de servidores web: Agrupación de varios servidores web para balanceo de carga a nivel de aplicación.

1.4. Referencias

[KRU41]: Kruchten, P. (1995). Architectural Blueprints—The “4+1” View Model of Software Architecture. *IEEE Software*, 12(6), 42-50.

[RUPRSA]: Maréchaux, J.-L. (2005). Developing a J2EE Architecture with Rational Software Architect Using the Rational Unified Process. Recuperado 19 de febrero de 2017, a partir de https://www.ibm.com/developerworks/rational/library/05/0816_Louis/

1.5. Visión General

El presente documento presenta una vista general de la Arquitectura de Aplicaciones actual de la UTPL, para lo cual consta de diferentes secciones que están organizadas, principalmente, tomando en consideración el Modelo de vistas “4+1”.

Para cada vista, detallada en forma de diagrama UML, está reservada una sección, las vistas especificadas son: lógica, física, despliegue, implementación y de casos de uso. Mediante las diferentes secciones que componen este documento se pretende dar una visión integral de cómo están estructurados actualmente los sistemas que dan soporte al macro proceso de Admisión y Matrícula en la UTPL.

2. Representación Arquitectónica

Este documento detalla la arquitectura usando las vistas definidas en el modelo “4+1” [KRU41], una breve descripción de las vistas a utilizar se especifica a continuación:

Vista lógica

Audiencia: Diseñadores.

Área: Requerimientos funcionales: describe el modelo de objetos de diseño.

Artefactos: Modelo de diseño

Vista de proceso

Audiencia: Integradores, arquitectos

Área: Requerimientos no funcionales: describe aspectos de concurrencia, disponibilidad, rendimiento del sistema. También se enfoca en aspectos como integridad del sistema, tolerancia a fallos, se especifica en que hilo de control se ejecuta efectivamente una operación de una clase identificada en la vista lógica.

Artefactos: Diagramas de secuencia.

Vista de implementación

Audiencia: Desarrolladores.

Área: Componentes de software: Describe las capas y subsistemas de la aplicación.

Artefactos: Modelo de Implementación, de componentes.

Vista de despliegue (Vista Física)

Audiencia: Gestores de despliegue.

Área: Topología: describe la instalación del software sobre el hardware e indica aspectos de sistemas distribuidos.

Artefactos: Modelo de despliegue.

Vista de Casos de Uso

Audiencia: Todos los interesados del sistema, incluidos los usuarios finales

Área: describe el conjunto de escenarios y casos de uso que representan funcionalidades significantes del sistema.

Artefactos: Modelo de casos de uso

Vista de Datos (opcional)

Audiencia: Especialistas de datos, DBA

Área: Persistencia: describe los elementos de persistencia más importantes en el modelo de datos.

Artefactos: Modelo de datos.

3. Metas y restricciones arquitectónicas

Esta sección describe aspectos y requerimientos importantes que tienen un impacto significativo en la arquitectura del sistema. En la Tabla A5.1 se describen dichos aspectos por cada uno de los sistemas principales que dan soporte a los procesos de Admisión y Matrícula.

Tabla 5.1. *Requerimientos arquitectónicos de las aplicaciones de Admisión/Matrícula*

Requerimiento	Sistema de Gestión Académico	Servicios Académicos en Línea	Sistema de Facturación Académico	Portal de Pago en Línea
Plataforma tecnológica	Microsoft .NET Framework 4.0 C# Web Forms	Microsoft .NET Framework 4.0 C# Web Forms	Microsoft .NET Framework 4.0 C# ASP.NET MVC 3	Microsoft .NET Framework 4.0 C# ASP.NET MVC 3
Herramientas de desarrollo	Visual Studio 2010	Visual Studio 2010	Visual Studio 2010	Visual Studio 2010
Transacciones	CSLA.NET	CSLA.NET	NHibernate	NHibernate
Seguridad	Active Directory	Active Directory	Active Directory	Active Directory
Persistencia	Oracle 11g	Oracle 11g	Oracle 11g	Oracle 11g
Disponibilidad	24/7	24/7	24/7	24/7
Rendimiento	200 usuarios concurrentes	1000 usuarios concurrentes	200 usuarios concurrentes	1000 usuarios concurrentes

Fuente. El autor

4. Vista de Casos de Uso

En esta sección se presentan los diagramas de casos de uso o escenarios relacionados a los procesos de admisión y matrícula que debe seguir un estudiante para estudiar en la UTPL. Se definió un primer nivel para diagramar las iteraciones entre los principales actores y acciones en los sistemas, de esta forma se obtuvo un diagrama por cada uno de los sistemas, los mismos que reflejan las actividades involucradas en los procesos analizados en el presente caso de estudio.

4.1. Casos de uso Sistema de Gestión Académica

En este diagrama el actor que interactúa con el Sistema de Gestión Académica es el agente de servicio, el mismo que atiende al estudiante en los diferentes centros universitarios de la UTPL.

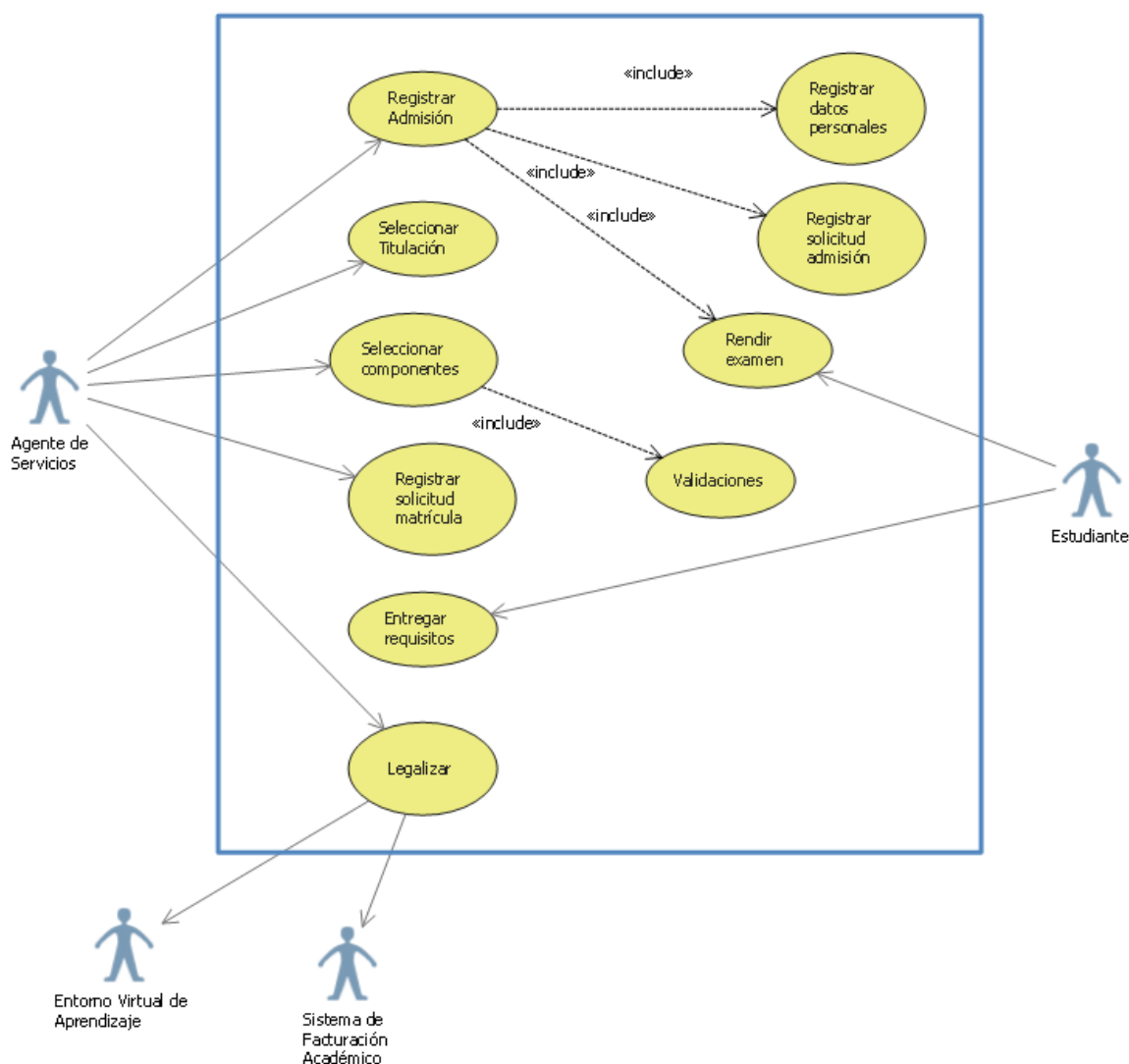


Figura 2. Caso de uso Sistema de Gestión Académico
Fuente. El autor

4.2. Casos de uso Servicios Académicos en Línea

El sistema denominado Servicios Académicos en Línea está orientado al uso exclusivo del estudiante, el cual se convierte en el actor principal y puede realizar su proceso de admisión o matrícula directamente desde su casa o cualquier lugar con conexión a internet.

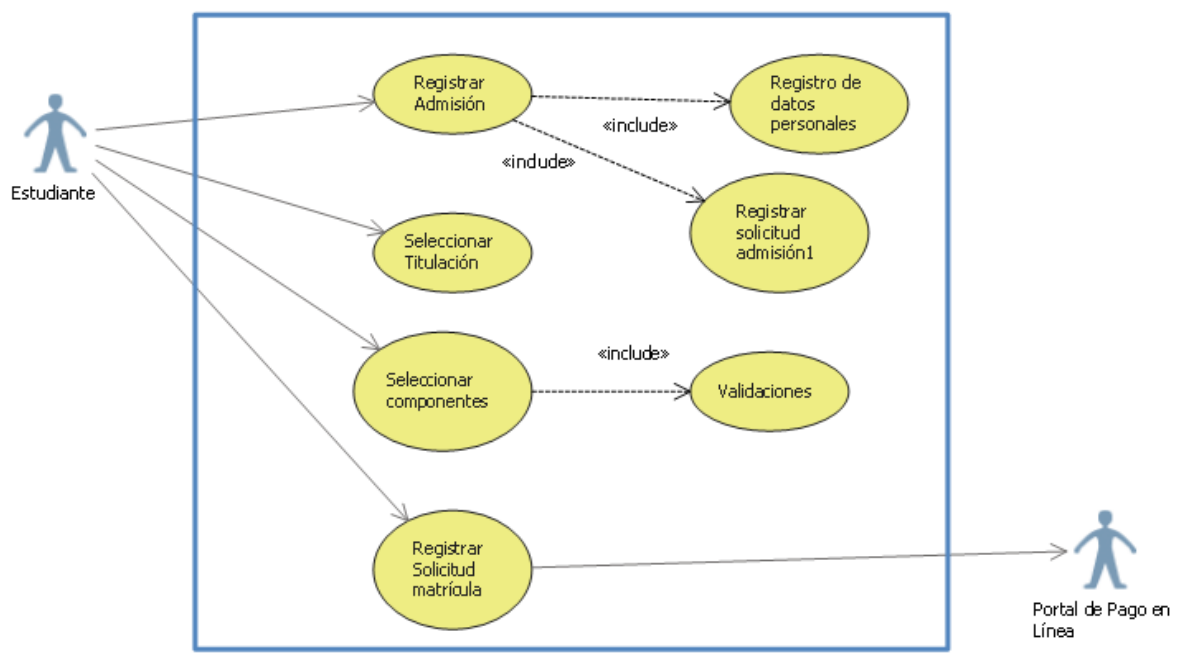


Figura 3. Caso de uso Servicios Académicos en Línea
Fuente. El autor

4.3. Casos de uso Sistema de Facturación Académico

El Sistema de Facturación Académico permite a los Agentes de Servicio atender a los estudiantes para realizar el proceso de recaudación y facturación. La atención es en los centros universitarios de la UTPL.

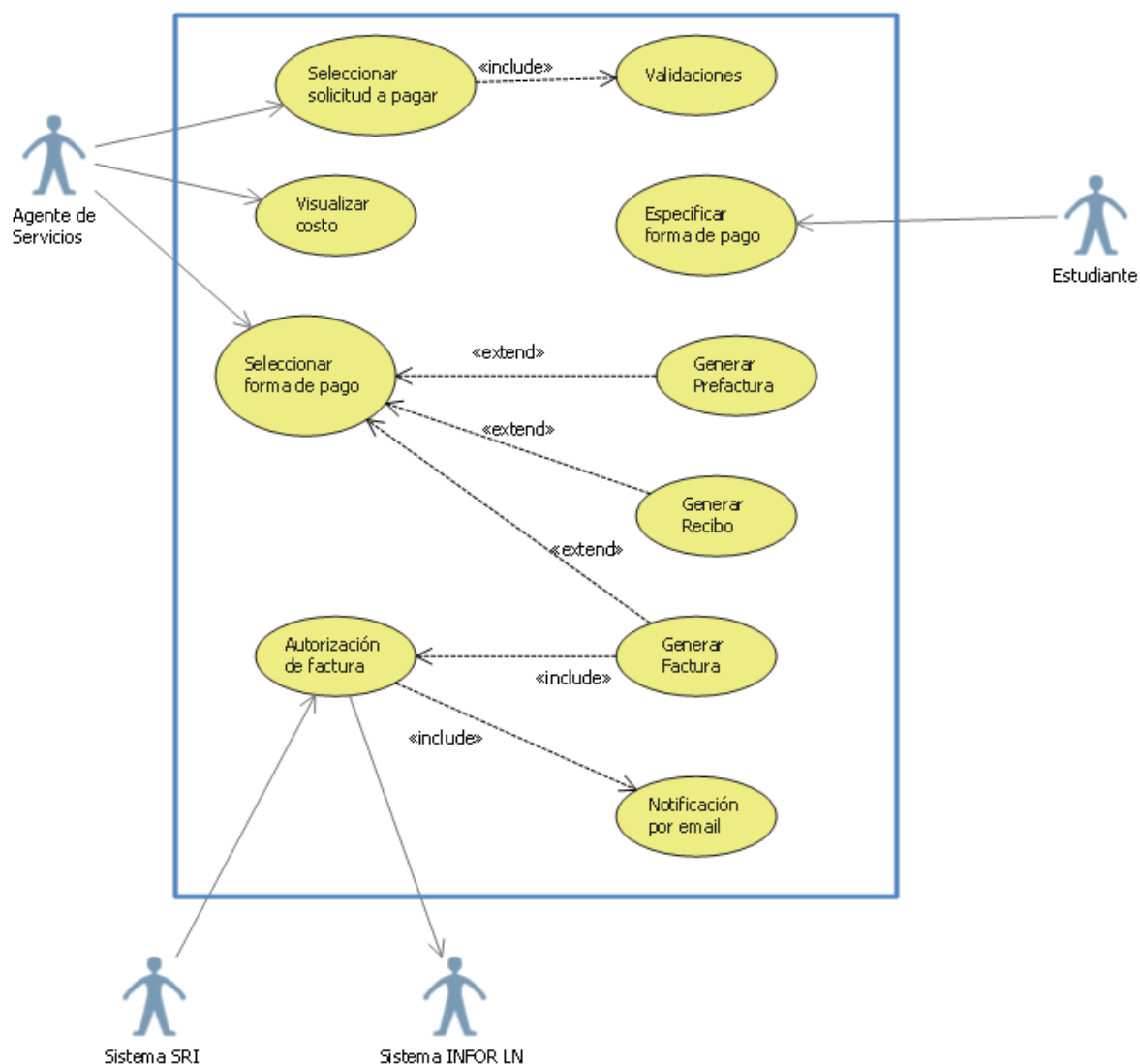


Figura 4. Caso de uso del Sistema de Facturación Académico
Fuente. El autor

4.4. Casos de uso Portal de Pago en Línea

El Portal de pago en Línea permite a los estudiantes realizar el pago de su solicitud de admisión o matrícula desde su casa mediante acceso a un portal web a través de internet.

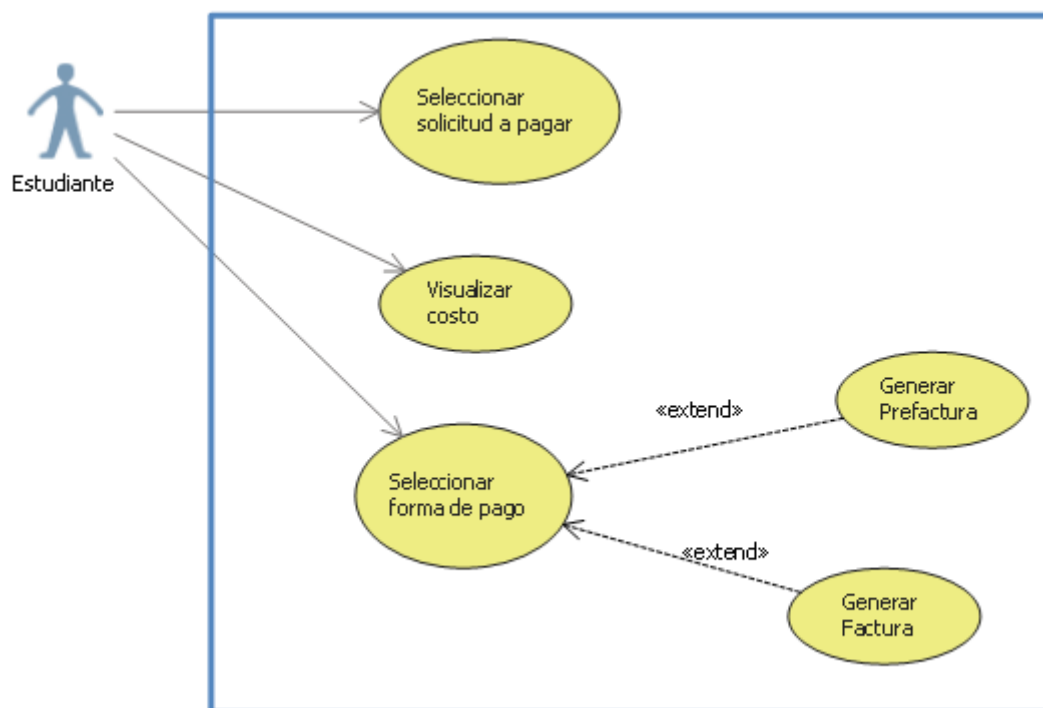


Figura 5. Caso de uso del Portal de Pago en Línea
Fuente. El autor

5. Vista Lógica

En esta sección se representa la vista lógica de los SI, en donde se puede apreciar la funcionalidad de cada aplicación en relación a los procesos de Admisión y Matrícula, utilizando para este fin los diagramas UML de clases.

5.1. Sistema de Gestión Académico y Servicios Académicos en Línea

El sistema de Gestión Académico y el sistema Servicios Académicos en Línea comparten la misma arquitectura lógica en cuanto a componentes de negocio, acceso a datos, framework y servicios transversales, lo único diferente es la capa de presentación, ya que en el caso del Sistema de Gestión Académica es un portal web orientado al personal interno de atención de la UTPL (Agentes de Servicios) y el segundo sistema es orientado 100% al estudiante. En la Figura 6 se presenta la arquitectura de ambos sistemas y como comparten las clases entre sí.

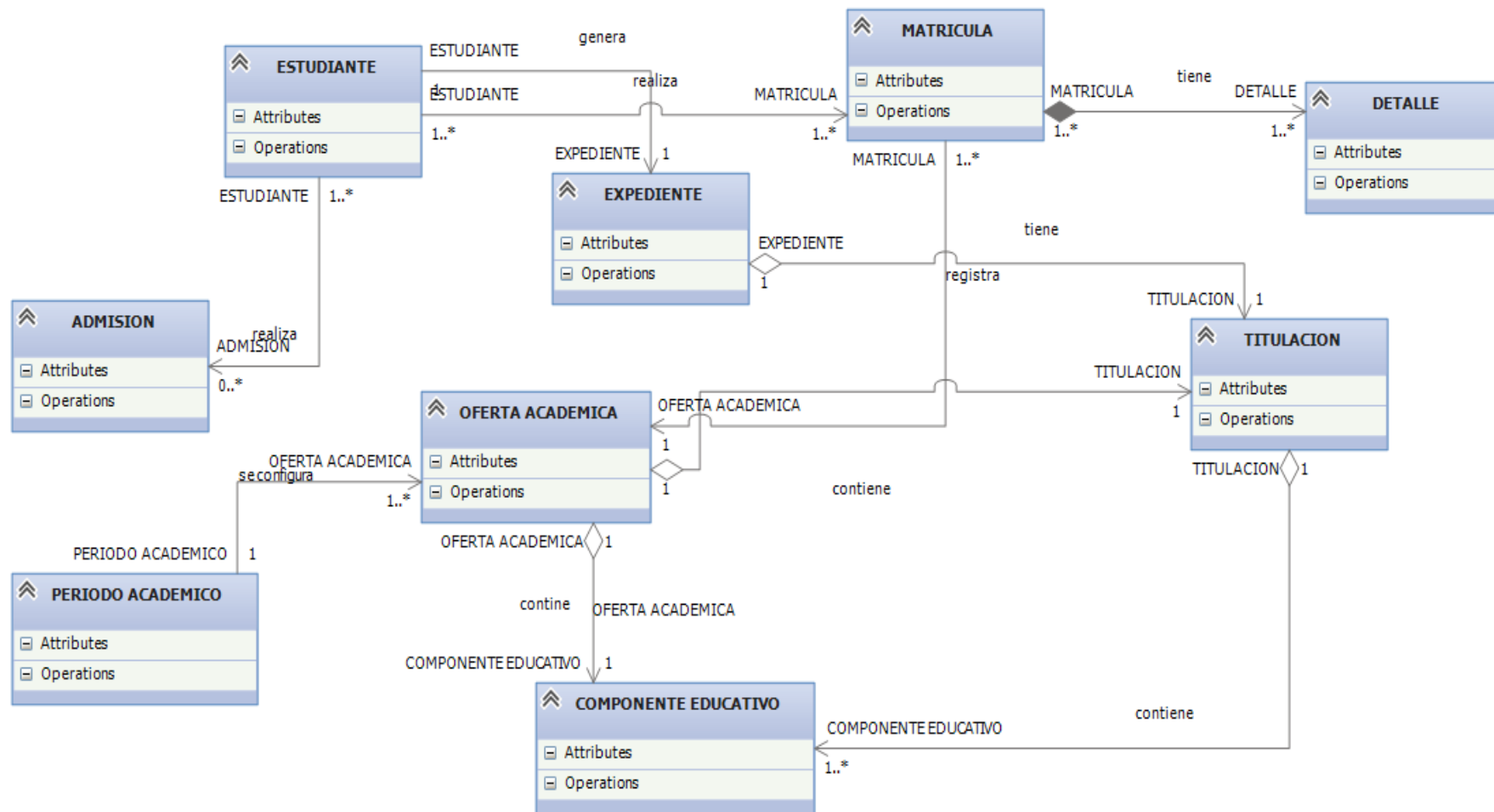


Figura 6. Vista Lógica Sistema de Gestión Académico / Servicios Académicos en Línea
Fuente: El autor

5.2. Sistema de Facturación Académico y Portal de Pago en línea

El Sistema de Facturación Académico y el Sistema Portal de Pago en Línea al igual que los dos sistemas del apartado anterior, comparten la misma arquitectura lógica y se diferencian únicamente en la capa de presentación (interfaz de usuario), el primero es orientado al personal de atención del estudiantes (agentes de servicios con puntos de facturación) y el segundo sistema está orientado exclusivamente al estudiante para realizar el pago de sus servicios académicos relacionados a los procesos de admisión y matrícula. En estos sistemas se genera la factura electrónica y se encarga de la notificación vía correo electrónico a los estudiantes. En la Figura 7 se ilustran las diferentes clases y sus relaciones.

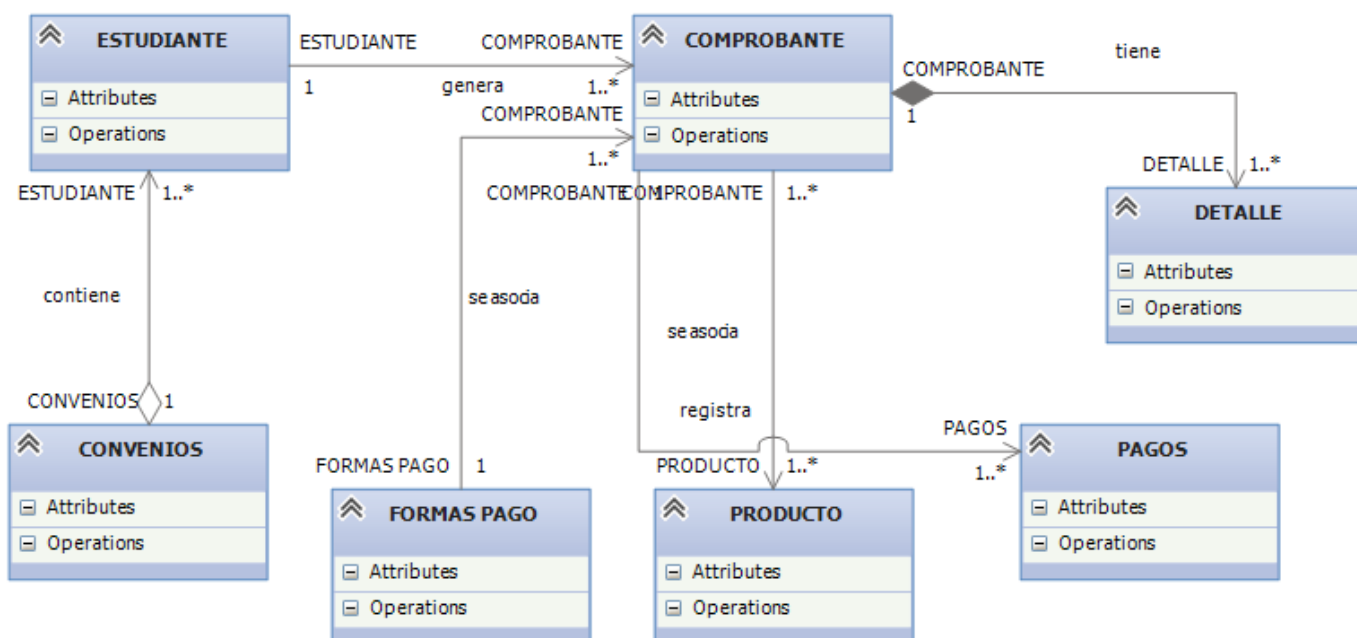


Figura 7. Vista lógica Sistema de Facturación Académico y Portal de Pago en Línea

Fuente. El autor

6. Vista de Procesos

En esta sección se presenta los procesos sobre los cuales se ejecutan los principales componentes del sistema y como éstos se comunican entre sí. En esta vista se evalúan aspectos no funcionales como: disponibilidad, rendimiento, concurrencia, distribución, integridad, tolerancia a fallos, etc.

6.1. Sistema de Gestión Académico y Servicios Académicos en Línea

De acuerdo a lo indicado en la sección anterior de la vista lógica en donde tanto el Sistema de Gestión Académico y los Servicios Académicos en Línea comparten la misma arquitectura lógica, se ha establecido el diagrama de la Figura 8 en donde se indican los procesos en los cuales se ejecutan los distintos componentes de la aplicación.

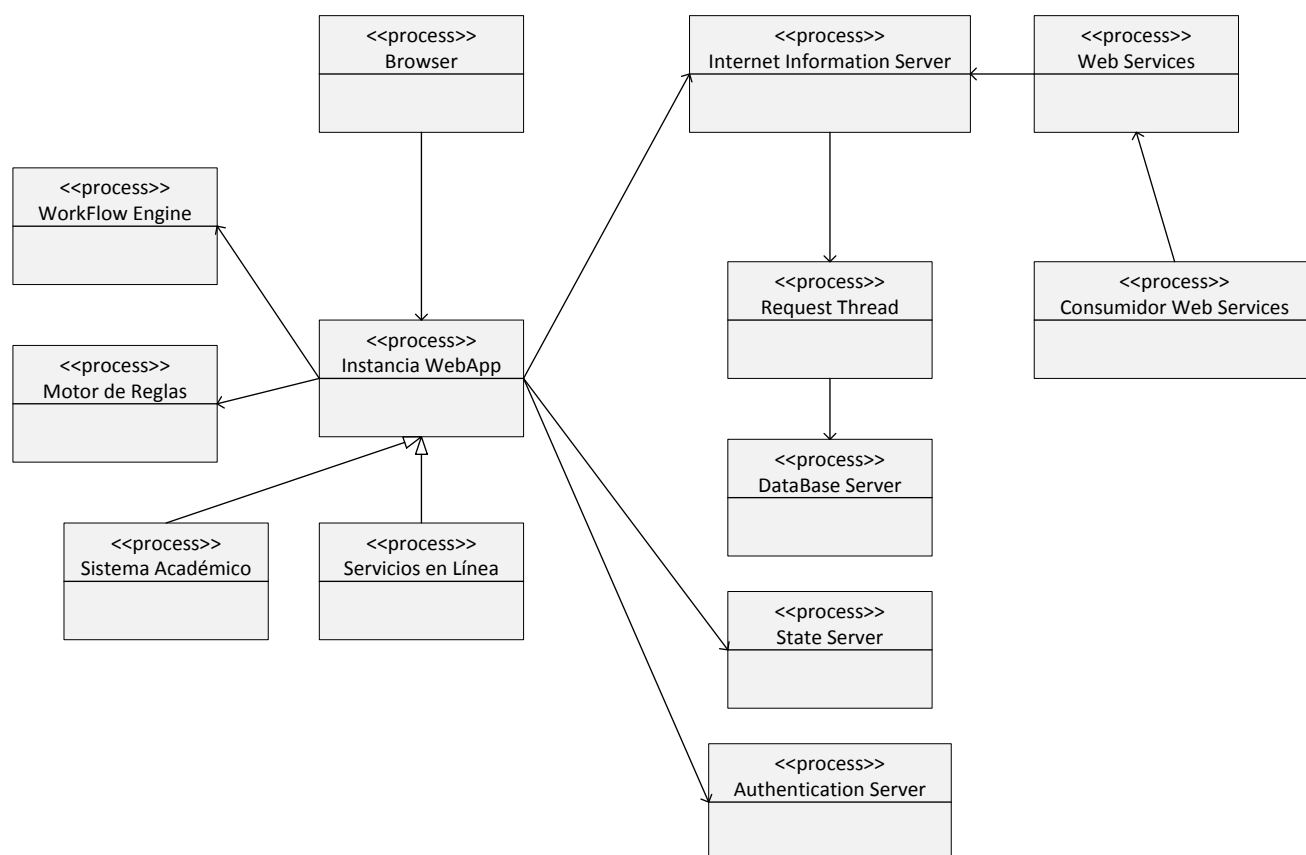


Figura 8. Vista de procesos Sistema de Gestión Académico / Servicios Académicos en Línea.
Fuente. El autor

6.2. Sistema de Facturación Académico y Portal de Pago en Línea

De acuerdo a lo indicado en la sección anterior de la vista lógica en donde tanto el Sistema de Facturación Académico y el Portal de Pago en Línea comparten la misma arquitectura lógica, se ha establecido el diagrama de procesos internos de la aplicación que permiten la ejecución de sus componentes, así como su comunicación. Es importante recalcar que los diagramas de la Figura 8 y la Figura 9 son similares debido a que ambos sistemas fueron desarrollados sobre la misma plataforma base de Microsoft .Net Framework y alojados en el servidor web denominado IIS (Internet Information Server).

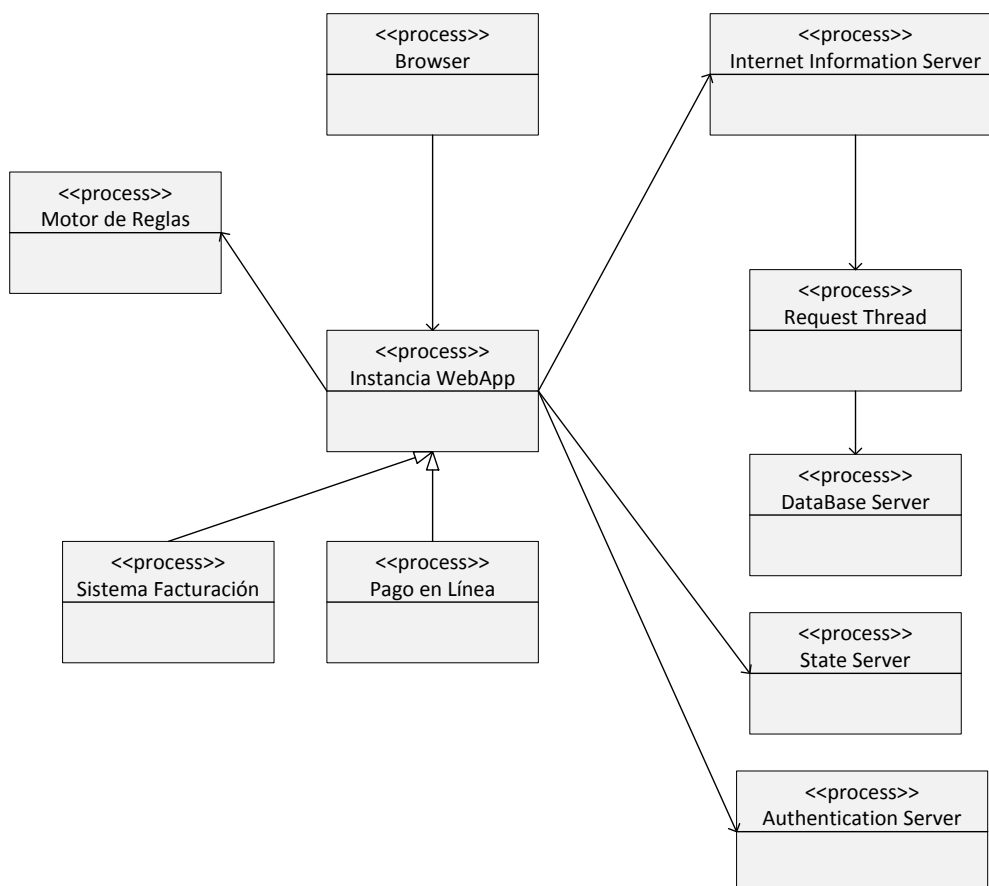


Figura 9. Vista de procesos Sistema de Facturación Académico / Portal Pago en Línea.
Fuente. El autor

7. Vista de despliegue

En esta sección se especifica sobre qué componentes físicos se ejecutarán las aplicaciones que dan soporte a los procesos de Admisión y Matrícula.

7.1. Sistema de Gestión Académico

El Sistema de Gestión Académico orientado para los funcionarios internos de la UTPL (Agentes de servicios) fue desplegado en ambiente de producción para soportar una carga de 200 usuarios concurrentes, con la posibilidad de escalar agregando más infraestructura física. Actualmente dispone de 2 servidores web virtualizados en donde se aloja y balancea la aplicación web. En cuanto a la base de datos se tiene un clúster de tres servidores físicos tomando en cuenta que este clúster de base de datos es compartido por los otros sistemas. En la Figura 10 se especifica los componentes utilizados para el despliegue en producción de esta aplicación.

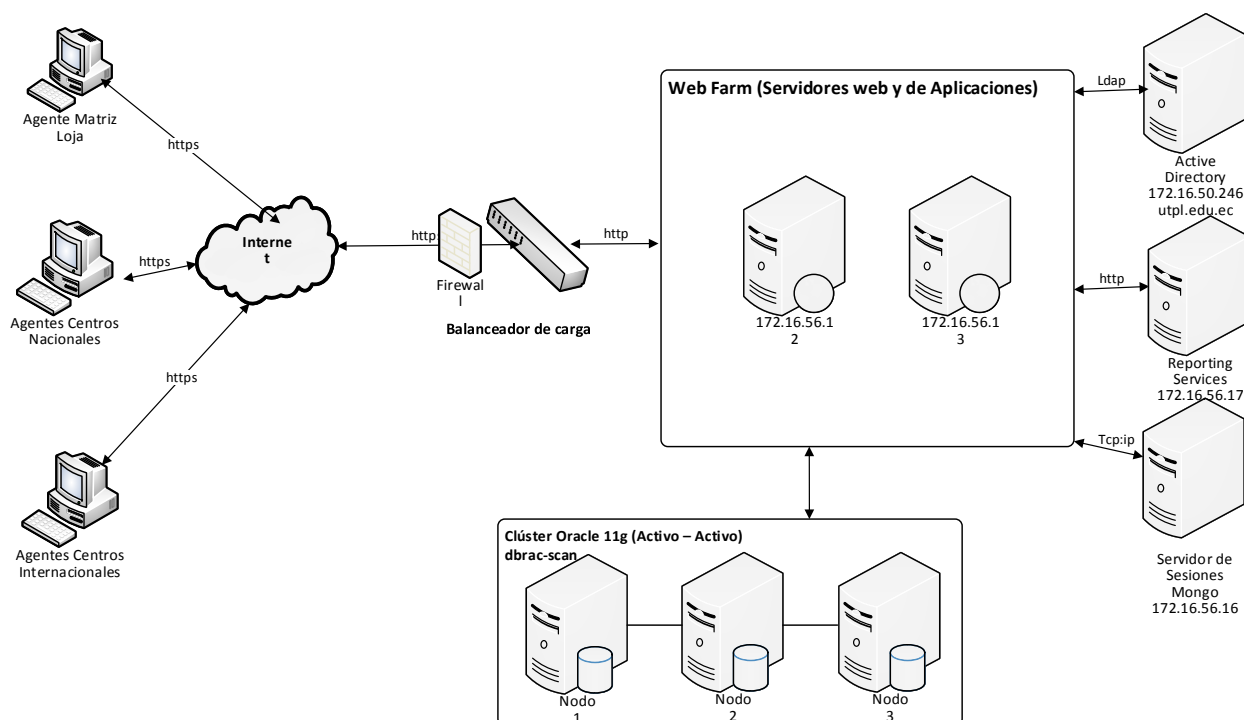


Figura 10. Vista de despliegue Sistema de Gestión Académico.
Fuente. El autor

7.2. Servicios Académicos en Línea

El Sistema denominado Servicios Académicos en Línea orientado para el uso exclusivo de los estudiantes, es el que más infraestructura física tiene, debido a que en temporada alta (periodo de matrículas) llega a soportar una carga aproximada de 1500 usuarios concurrentes, razón por la cual se han destinado 6 servidores web virtualizados que conforman la granja de servidores web, y en cuanto a la base de datos usa el mismo clúster descrito anteriormente. Es importante recalcar que las dos temporadas altas de matriculación son dos veces al año, lo que significa que el resto del tiempo esta infraestructura es subutilizada. En la Figura 11 se especifica los componentes utilizados para el despliegue en producción de esta aplicación.

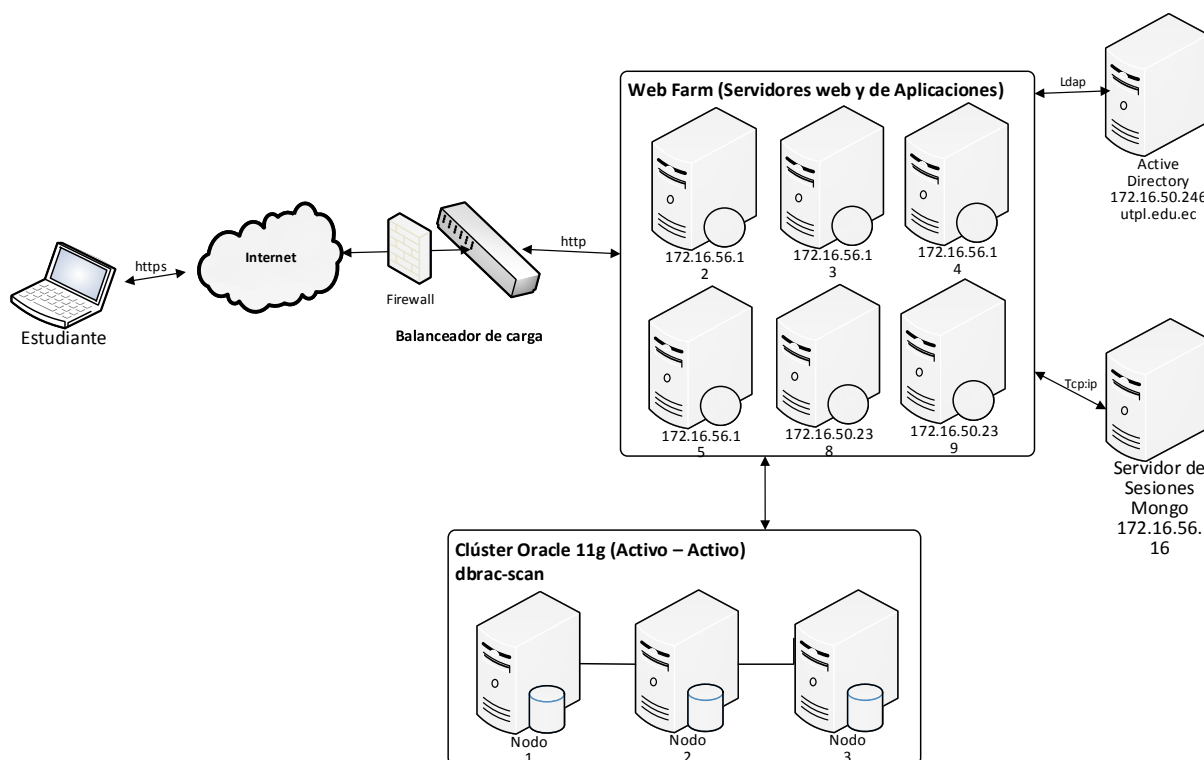


Figura 11. Vista de despliegue Servicios Académicos en Línea.
Fuente. El autor

7.3. Sistema de Facturación Académico

El Sistema de Facturación Académico orientado para uso por parte de los agentes de servicios, está desplegado en producción en un único servidor con la posibilidad de escalar si las circunstancias así lo demandan. Actualmente la carga máxima es de 100 usuarios concurrentes por lo que un solo servidor es suficiente para soportar el proceso de matrículas. En cuanto a la base de datos comparte el mismo clúster de los sistemas anteriores.

En la Figura 12 se puede apreciar los diferentes componentes físicos de este sistema.

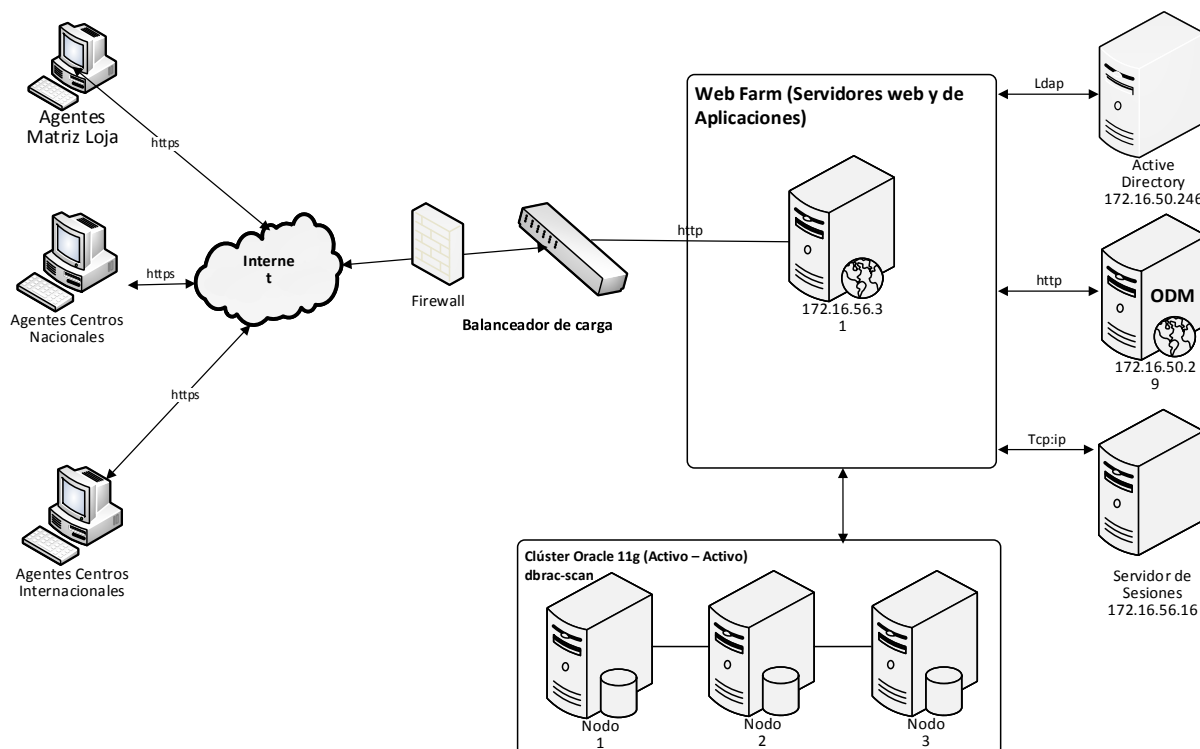


Figura 12. Vista de despliegue Sistema de Facturación Académico.
Fuente. El autor

7.4. Portal de Pago en Línea

El Portal de Pago en Línea posee una granja de 2 servidores web virtualizados para soportar una carga de 500 usuarios concurrentes, (demanda actual del sistema) pudiendo escalar agregando más servidores en caso de requerirse. La base de datos utilizada es el mismo clúster de tres servidores físicos de los sistemas anteriores.

Las características hardware de cada servidor y equipos se especifican en la Tabla A5.2. Es importante mencionar que, en cuanto a los servidores web virtualizados de las granjas de servidores, éstos comparten las mismas características, de igual forma ocurre con los 3 servidores físicos del clúster de base de datos.

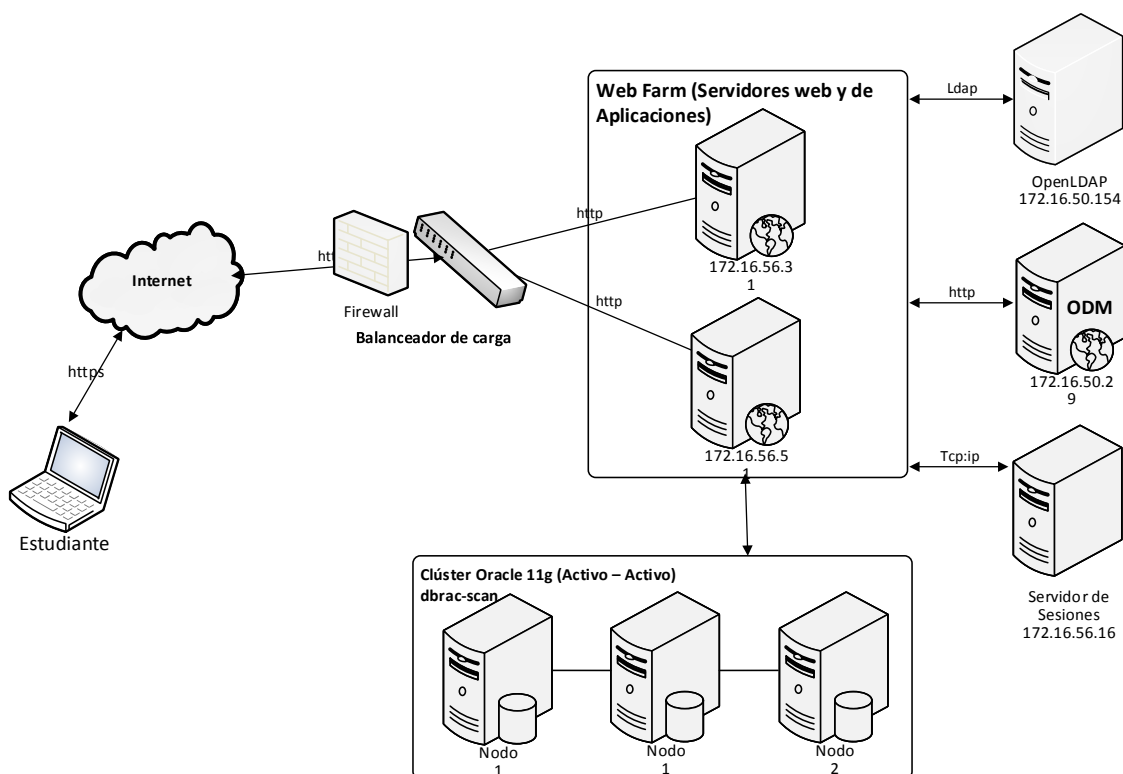


Figura 13. Vista de despliegue Portal de Pago en Línea.

Fuente. El autor

Tabla A5.2. Características de los servidores/equipos.

Servidor	Descripción	Características
Servidor Web	Servidor virtualizado con VMWare	Windows Server 2008 R2 Enterprise, 64 bits 16 GB RAM 100 GB Disco duro 4 Processor Intel(R) Xeon(R) CPU 2.93 GHz
Servidor de Base de datos	Servidor físico IBM Power7	AIX 6.1 64 GB RAM Stora Area Network 0,5 TB Processor PowerPc_POWER7
Balanceador de carga	Citrix NetScaler	AIX, 16 GB RAM 200 GB Disco duro Dual (4 cores)
Firewall	Cisco	Cisco ASA
Servidor de sesiones	Servidor virtualizado con VMWare	Windows Server 2008 R2 Enterprise, 64 bits 16 GB RAM 220 GB Disco duro 2 Processor Intel(R) Xeon(R) CPU 2.93GHz
Active Directory	Servidor virtualizado con VMWare	Windows Server 2012 R2 Datacenter, 64 bits 8 GB RAM 80 GB Disco duro 2 Processor Intel(R) Xeon(R) CPU 2.50 GHz
Open Ldap	Servidor físico IBM Blade Center	Linux 64 bits, 32 GB RAM 200 GB Disco duro 8 processor Intel(R) Xeon(R) CPU 3.00GHz

Fuente: El autor

8. Vista de Implementación

En esta sección se presenta los paquetes y componentes principales de los sistemas que dan soporte a los procesos de Admisión y Matrícula. La vista de implementación está orientada a los desarrolladores para guiar la construcción de las aplicaciones a nivel de código fuente.

8.1. Sistema de Gestión Académico y Servicios Académicos en Línea

A continuación, se presenta gráficamente los principales paquetes del sistema:

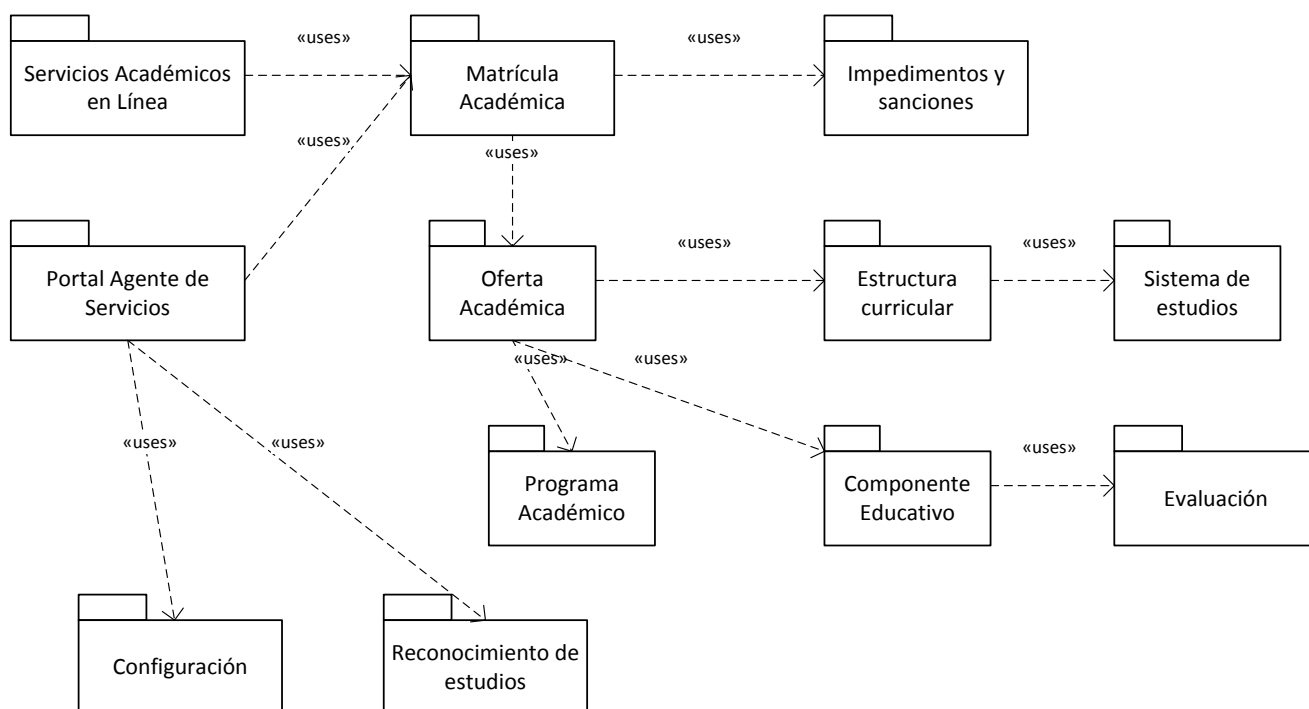


Figura 14. Vista de implementación Sistema de Gestión Académico / Servicios Académicos en Línea
Fuente. El autor

8.2. Sistema de Facturación Académico y Portal de Pago en Línea

A continuación, se presenta gráficamente los principales paquetes del sistema:

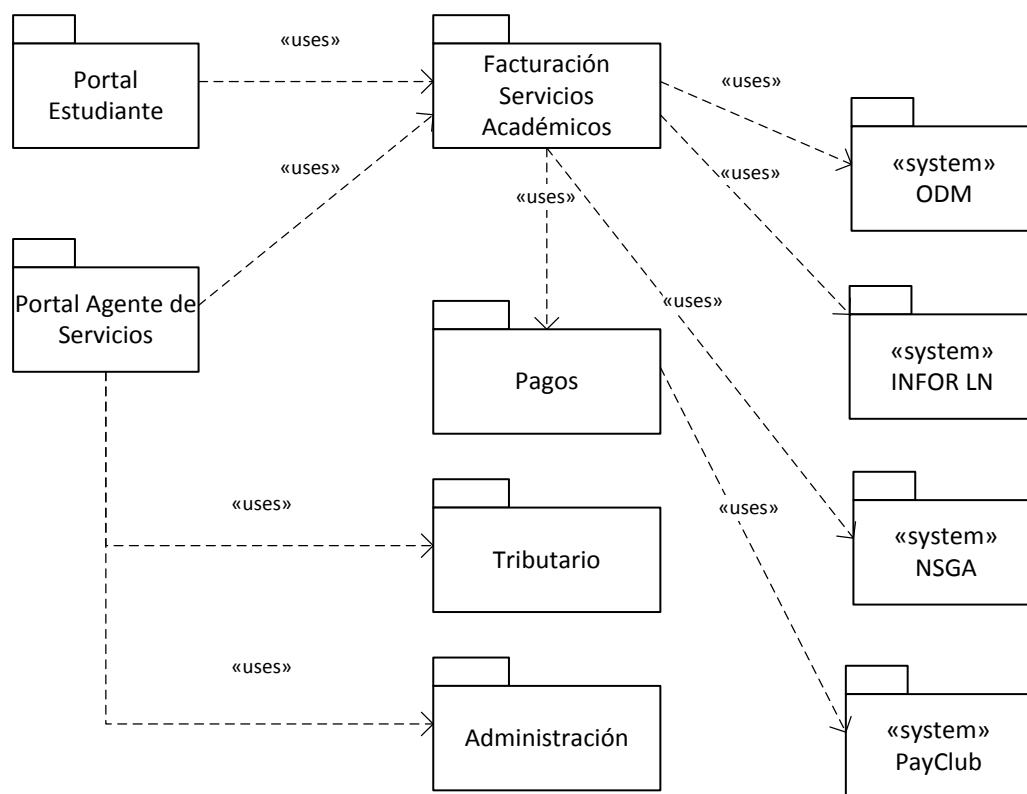


Figura 15. Vista de implementación Sistema Facturación Académico / Portal de Pago en Línea
Fuente. El autor



ANEXO 6. DOCUMENTO DE ARQUITECTURA DE APLICACIONES: ESTADO FUTURO

Proyecto: Modelo de Referencia para la implementación de la
Arquitectura de Sistemas de Información

Cliente: Universidad Técnica Particular de Loja

Versión 1.0

Diciembre 2016



Tabla de Contenidos

1.	Introducción.....	202
1.1	Propósito.....	202
1.2	Alcance	202
1.3	Definiciones, Siglas y abreviaturas.....	202
1.4	Referencias	203
2.	Arquitectura Objetivo: Conceptual	203
3.	Arquitectura Objetivo: Lógica	204
4.	Arquitectura Objetivo: Física	205
5.	Modelos de referencia técnico y base de estándares de información.....	206
6.	Vista consolidada de la Arquitectura Futura de Aplicaciones.....	208
7.	Análisis de brechas	211



Información del Documento

Nombre del Proyecto:	Arquitectura de Sistema de Información		
Preparado por:	Jorge Stalin Calderón Bustamante	Versión No:	1.0
Título:	Arquitectura de Aplicaciones: Estado Futuro	Fecha Versión:	26/12/16
Revisado por:		Fecha de Revisión:	

Lista de Distribución

Desde		Fecha	Teléfono/Fax/Email
Jorge Stalin Calderón Bustamante			0986456083
A	Acción*	Fecha fin	Teléfono/Fax/Email
Armando Cabrera Silva	En revisión		
Villie Morocho	En revisión		

* Acciones: Aprobado, En revisión, Informe, Archivo

Historia de Versiones del Documento

Número Versión	Fecha Versión	Revisado por	Descripción	Archivo
1.0		ACA	Creación del documento de Arquitectura de Aplicaciones: Estado Futuro.	ARQ_APP_ARQUITEC TURA_FUTURA_V_1.0
1.1		ACA	Ajustes al modelo de referencia de la Arquitectura de Aplicaciones	ARQ_APP_ARQUITEC TURA_FUTURA_V_1.1

1. Introducción

En este documento se presenta la arquitectura objetivo, futura o deseada de aplicaciones de la UTPL, enfocada en el macro-proceso Admisión/Matrícula tomando como base lo especificado en la Arquitectura Actual de Aplicaciones del Anexo 5.

La arquitectura objetivo se especificará en tres vistas que son: conceptual, lógica y física, y se plantearán modelos y estilos a seguir para lograr consolidar un ecosistema de aplicaciones robusto e interoperable, alineados a los procesos de la institución, con el fin de brindar servicios de calidad a sus clientes, principalmente a sus estudiantes, en cuanto a los procesos, subprocesos y actividades identificadas en Admisión y Matrícula.

La arquitectura objetivo permite a los interesados identificar los servicios de aplicación, su estructura, componentes, la forma como interactúan unos con otros, su alineación con la estrategia de la organización, con el fin de impulsar proyectos que permitan paso a paso ir logrando ese nuevo modelo arquitectónico, cuyo diseño general se presenta en este documento. A partir de este diseño surge la hoja de ruta arquitectónica, la misma que se la desarrolla en el Anexo 7.

Una parte fundamental de la Arquitectura objetivo son los modelos de referencia que son: TRM e III-RM [TOGAF], los cuales se los presentará como parte del caso de estudio aplicado a la UTPL.

1.1. Propósito

El documento de Arquitectura Objetivo proporciona una visión global del estado futuro de las aplicaciones, es decir, hacia dónde se debe llegar para lograr la consolidación de la arquitectura de los SI de la UTPL.

1.2. Alcance

El alcance del presente documento es describir la Arquitectura Objetivo de los principales sistemas que posee la UTPL para dar soporte a los procesos de Admisión y Matrícula, como parte del caso de estudio de aplicación del modelo propuesto

1.3. Definiciones, siglas y abreviaturas

UTPL: Universidad Técnica Particular de Loja

TRM: Modelo de referencia técnico

BRMS:	Sistema gestor de bases de datos
LMS:	Sistema de gestión de aprendizaje
BPM:	Gestión de procesos de negocio
ECM:	Gestor de contenido empresarial
ESB:	Bus de servicios empresariales
III-RM:	Modelo de referencia de infraestructura integrada de información

1.4. Referencias

- [TOGAF]: TOGAF. (2006). Foundation Architecture: Technical Reference Model. Recuperado 19 de febrero de 2017, a partir de <http://pubs.opengroup.org/architecture/togaf8-doc/arch/chap19.html>
- [TRM]: Birmingham University. (s. f.). Technical Reference Model (TRM). Recuperado 19 de febrero de 2017, a partir de [http://www.download.bham.ac.uk/it/TRM.htm#Graphics & Image](http://www.download.bham.ac.uk/it/TRM.htm#Graphics%20Image)

2. Arquitectura Objetivo: Conceptual

En la vista conceptual se especifican los servicios de aplicación agrupados por dominio (procesos, datos, aplicaciones e infraestructura), con el fin de identificar los requerimientos de la institución, para el posterior modelamiento y diseño de la arquitectura de aplicaciones.

En la Figura 1 se presenta el modelo conceptual para la UTPL enfocado en los procesos de Admisión y Matrícula. Aquí se puede observar el dominio de procesos, de datos y aplicaciones en donde se especifican los servicios más relevantes en cuanto a las aplicaciones que deben existir para un correcto soporte a los procesos de admisión y matrícula. Finalmente se modela el dominio de infraestructura, en donde se ilustra los servicios de aplicaciones base, los cuales permiten la correcta ejecución de los aplicativos del negocio. Se ha colocado en color naranja aquellos servicios de aplicación por cada uno de los dominios, con la finalidad de denotar aquellos en los que se debe poner principal atención para su implementación, ya que actualmente no existen o están en proceso de desarrollo en la institución.

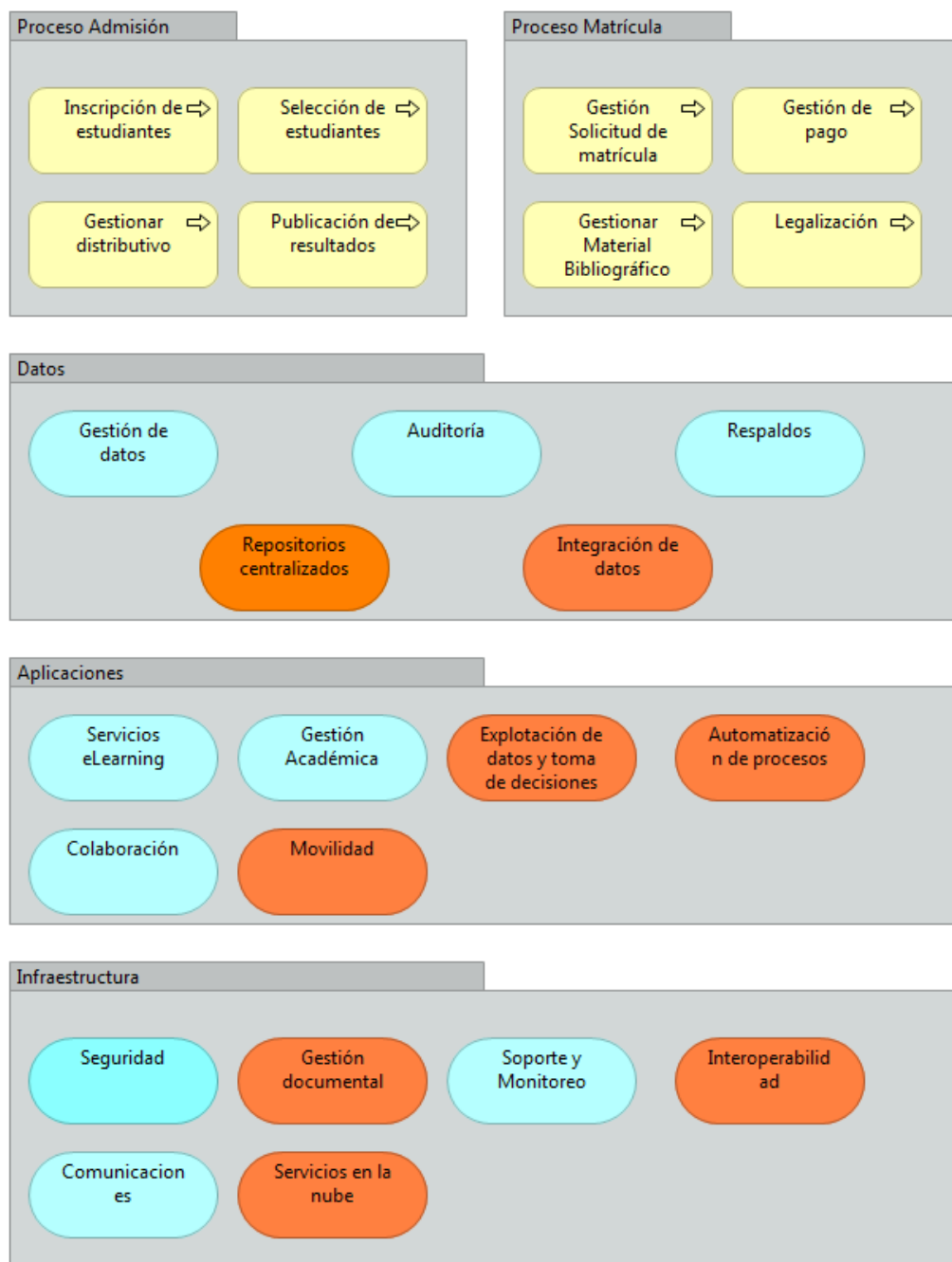


Figura 1. Modelo Conceptual Arquitectura Objetivo para la UTPL
Fuente. El autor

3. Arquitectura Objetivo: Lógica

En la vista lógica se especifican los componentes de aplicación lógicos, es decir aquellos componentes independientes de la tecnología o proveedor, dichos componentes constituyen elementos potenciales o ideales y son conocidos como los bloques de construcción arquitectónica.

En la Figura 2 se ha identificado los componentes de aplicación lógica para el caso de estudio de la UTPL.

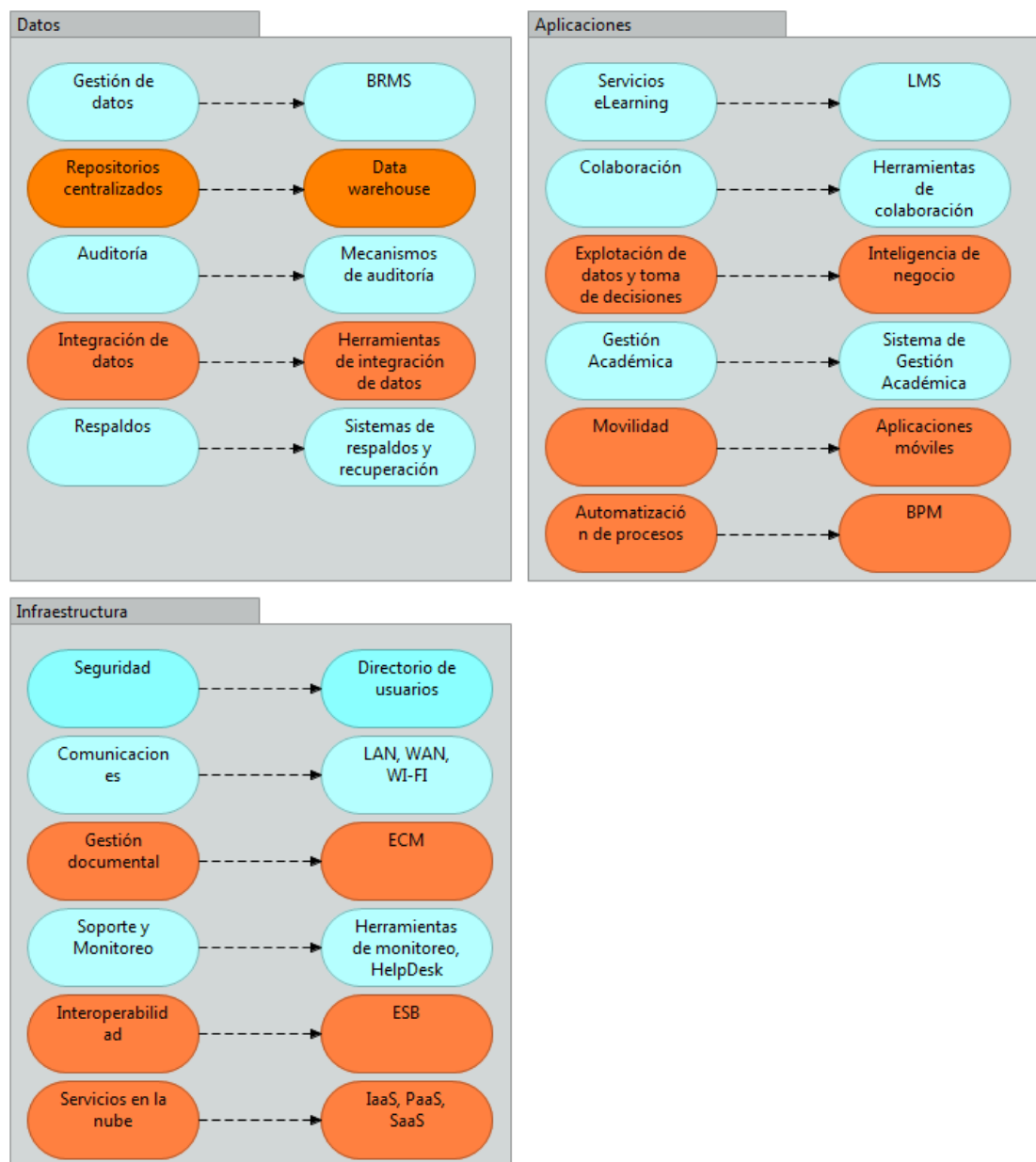


Figura 2. Mapeo de servicios de aplicación a componentes de aplicación lógica
Fuente. El autor

4. Arquitectura Objetivo: Física

En la vista física se especifican los componentes de aplicación físicos, los mismos que hacen referencia a una tecnología específica o a un proveedor y constituyen componentes reales que implementan los componentes lógicos, son conocidos como bloques de construcción de soluciones.

En la Figura 3 se presenta el mapeo de los componentes de aplicación lógicos a físicos, en donde se han especificado algunos proveedores o tecnologías recomendadas para su implementación.

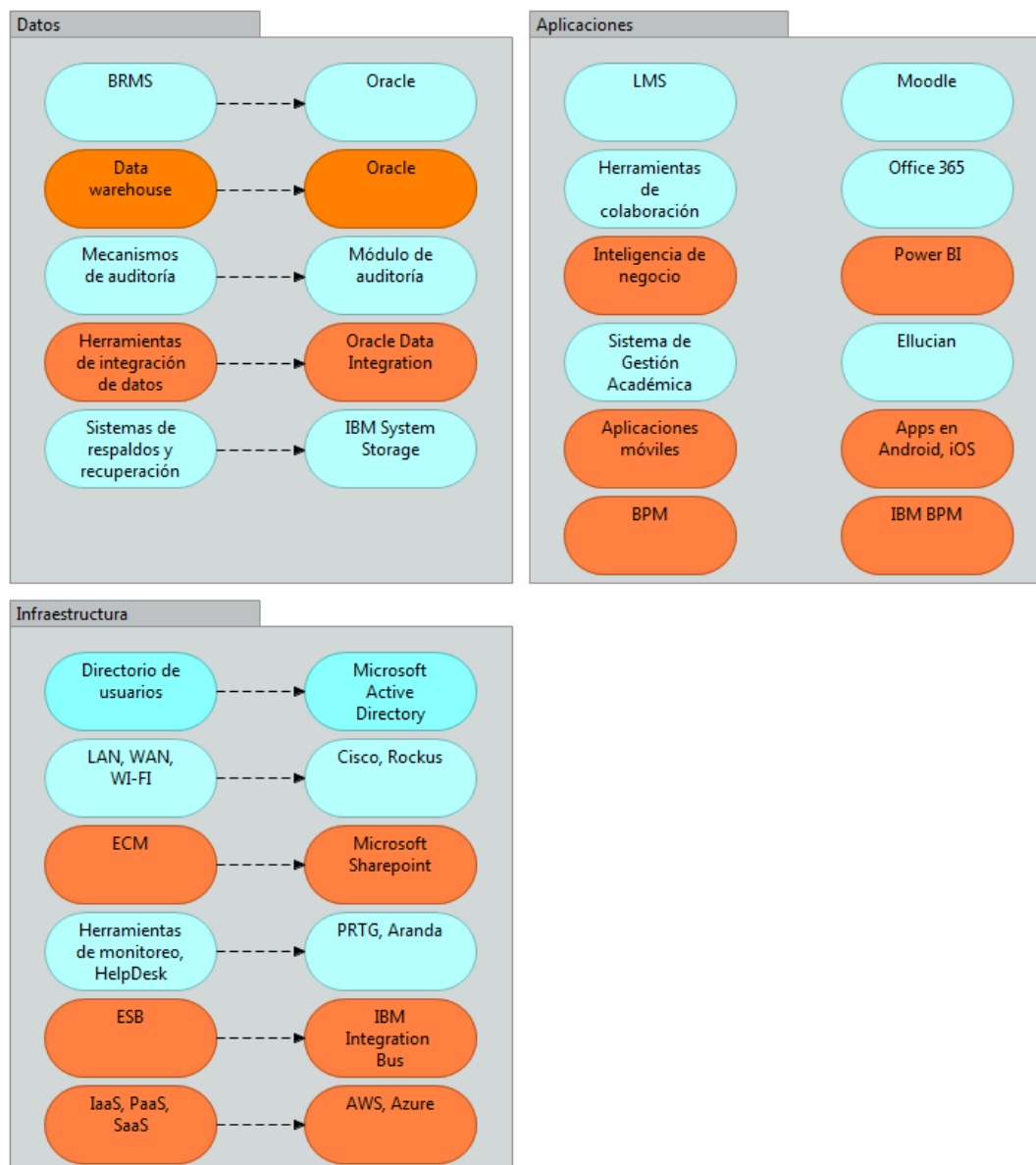


Figura 3. Mapeo de componentes de aplicación lógicos a físicos
Fuente. El autor

5. Modelos de referencia técnico y de infraestructura de información integrada

El TRM para la UTPL se presenta en la Tabla A6.1 el cual fue adaptado de la Universidad de Birmingham, y servirá como referencia al momento de desarrollar o adquirir nuevos productos software, instalar sistemas operativos y aplicaciones de infraestructura de comunicaciones.



Tabla A6.1. Modelo de referencia técnico para la UTPL

Elemento del TRM	Estándar	Propuesta
Aplicaciones de infraestructura	Virtualización de servidores	VMware
	Seguridad de red	Firewall Cisco
	Control de versiones	Team Foundation Services
	Ofimática	Office online
	Servicio remoto	IBM Tivoli
	Mensajería y colaboración	Office 365, Sharepoint online
	Balanceador de carga web	Citrix netscaler
	Explotación de datos	Microsoft Power BI
	Reglas de Negocio	IBM Operational Decision manager
	Video-llamadas	Skype empresarial
Aplicaciones de Negocio	Gestión Académica	Ellucian
	Sistema eLearning	Moodle
	Gestión de Talento Humano	Buxis
	Trámites Académicos	Microsoft Sharepoint
	Pagos en Línea	Servicios de pago online
	Data warehouse	Oracle
	Exalumnos	Microsoft CRM
	Planificación de recursos	INFOR LN
	Gestión de biblioteca	Absysnet
Interfaz de la plataforma de Aplicaciones	REST, SOAP	IBM Integration Bus
Gráficos e imágenes	PNG	
Gestión de datos	SQL	Oracle, Microsoft SQL Server
	UTF-8	
	Integración de datos	Oracle Data Integrator
	Formularios conectados a datos	Oracle Apex
Intercambio de datos	XML, JSON	
	WSDL, WADL, Open Api	
	FTP, SFTP	
Interfaz de usuario	HTML5, CSS3	Bootstrap, jquery
	Movilidad	Android, iOS
	Navegadores	Chrome, Firefox, Internet Explorer, Opera, Safari



Ubicación y directorios	LDAP	Microsoft Active Directory
Procesamiento de transacciones	ORM	Hibernate, Entity Framework
Seguridad	Single Sign On	Microsoft ADFS
	Encriptación de datos AES (Advanced Encryption Estandar)	
	Antivirus	Kaspersky
	Certificados digitales	TLS
Ingeniería de software	Lenguaje de modelado	Archimate, UML
	Documento de Arquitectura de Software	Modelo 4+1 vistas
	Lenguaje de programación	Microsoft .NET C#, Java
	Arquitectura Empresarial	TOGAF
	IDE	Microsoft Visual Studio, Eclipse
	Control de versiones	Team Version Control, Github
Gestión de Sistemas y Redes	SNMP	Microsoft System Center Configuration manager
Servicios de sistema operativo	Sistemas operativos de servidores	Windows Server 2012 Data Center, AIX, MAC OS
	Sistemas operativos de cliente	Windows 7, Windows 8, Windows 10
	Framework	.Net Framework, JVM
Servicios de red	DHCP	Windows Domain Controller
	DNS	
	HTTP	
	HTTPS	
	SMTP	
	TCP/UDP	
Infraestructura de comunicaciones	Mensajería, video-llamadas	Skype empresarial
	Colaboración social	Yammer

Fuente. Adaptado de Birmingham University (s.f.)

En la Figura 4 se presenta el modelo de referencia de infraestructura de información integrada (III-RM) propuesto para UTPL.

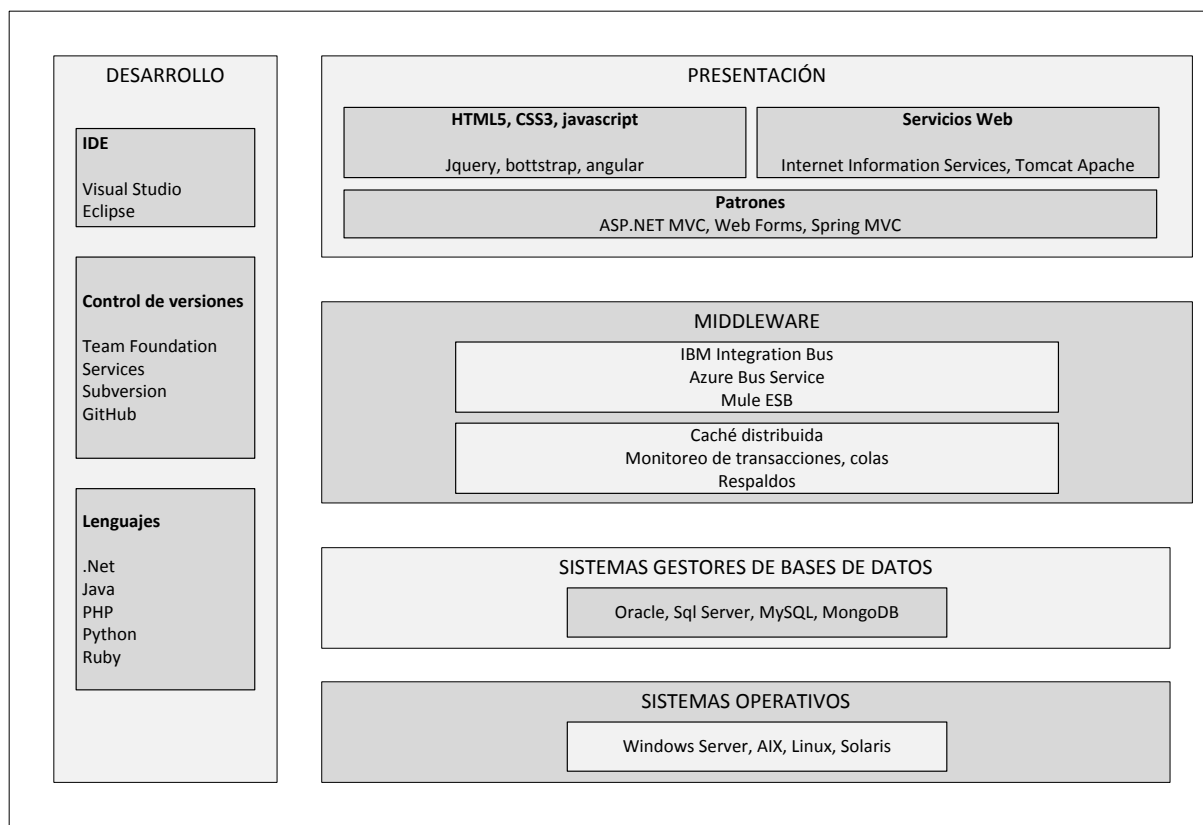


Figura 4. III-RM propuesto para UTPL

Fuente. El autor

6. Vista consolidada de la Arquitectura Futura de Aplicaciones

La vista consolidada de la arquitectura futura de aplicaciones para la UTPL permite tener una visión global de todos los componentes que darán soporte de mejor manera a los procesos de Admisión y Matrícula. En la Figura 4 se aprecian los diferentes niveles, componentes y elementos del nuevo diseño arquitectónico.

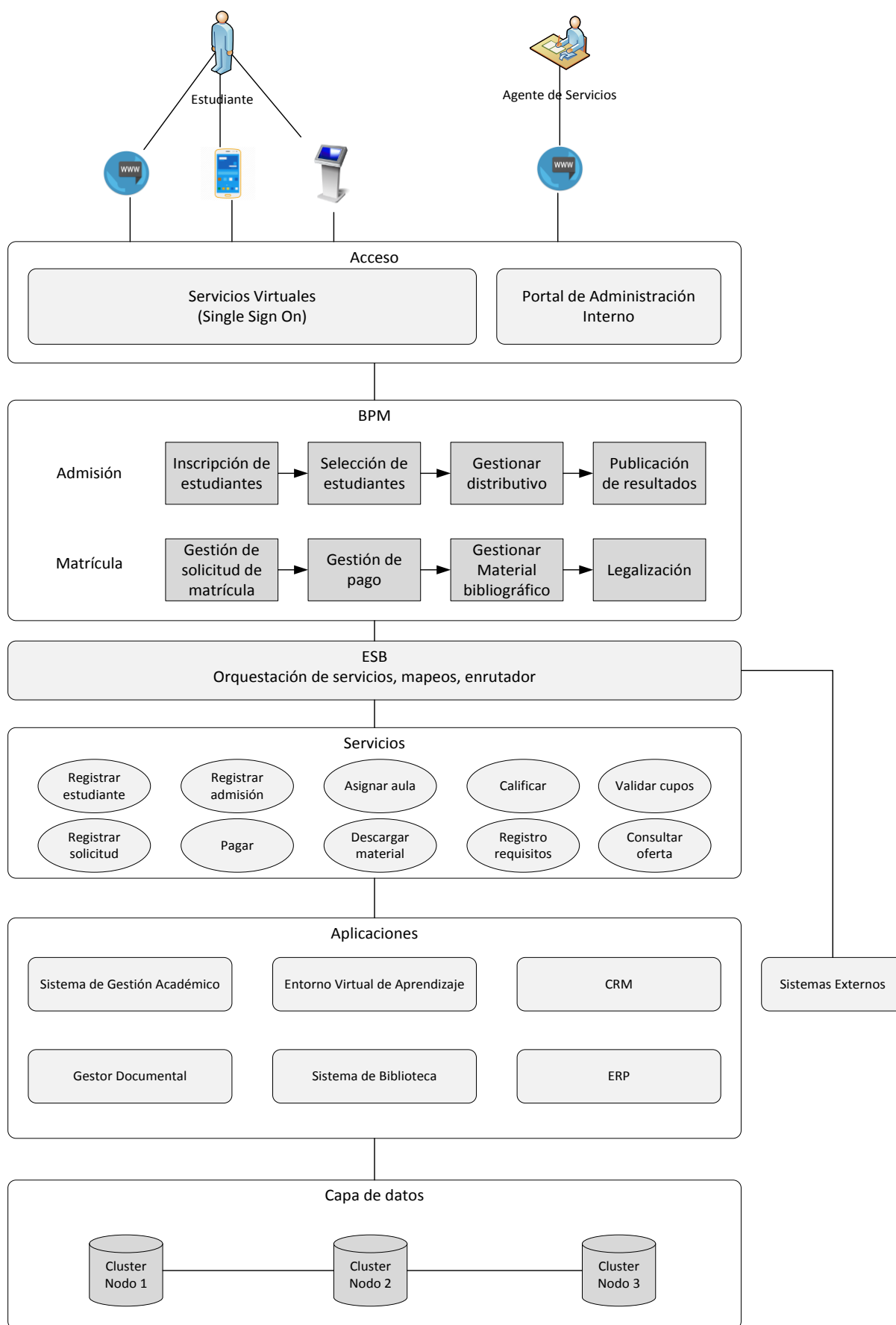


Figura 5. Visión consolidada de la Arquitectura Futura de Aplicaciones de la UTPL
Fuente. El autor



7. Análisis de brechas

En la Tabla A6.2 se presenta el análisis en base a los bloques de construcción arquitectónicos actual y futuro para determinar las brechas existentes entre los dos modelos.



Tabla A6.2. Análisis de brechas

Arquitectura objetivo → Arquitectura actual ↓	Gestión de datos	Data warehouse	Auditoría	Integración de datos	Respaldos y recuperación	Servicios eLearning	Colaboración	Inteligencia de Negocio	Gestión Académica	Movilidad	BPM	ESB	Monitoreo	Gestor documental	Seguridad	Servicios en la nube	Eliminado
Gestión de datos	Incluido																
Auditoría			Incluido														
Respaldos y recuperación					Incluido												
Servicios eLearning						Incluido											
Colaboración							Incluido										
Gestión Académica									Incluido								



Trámites académicos																	Brecha; Incluir en Gestión Académica
Gestión de material bibliográfico físico																	Brecha; Incluir en Gestión Académica
Gestión de material bibliográfico digital																	Brecha; Incluir en Gestión Académica
Movilidad										Incluido							
Monitoreo													Incluido				
Gestor documental														Incluido			
Seguridad															Incluido		



Servicios en la nube																Incluido	
<i>Nuevo</i>		Brecha: Debe ser creado		Brecha: Debe ser creado		Brecha: Requiere mejoras		Brecha: Debe ser creado	Brecha. Evaluar software comercial	Brecha: Debe ser potenciado	Brecha: Debe ser creado	Brecha: Debe ser creado		Brecha: Modernización tecnológica		Brecha: Estandarizar modelo cloud	

Fuente: El autor



ANEXO 7. DOCUMENTO DE ARQUITECTURA DE APLICACIONES: HOJA DE RUTA

Proyecto: Modelo de Referencia para la implementación de la
Arquitectura de Sistemas de Información

Cliente: Universidad Técnica Particular de Loja

Versión 1.0

Diciembre 2016



Tabla de Contenidos

1.	Propósito.....	218
2.	Lista de proyectos	218
3.	Plan de migración.....	219
4.	Recomendaciones de implementación	221



Información del Documento

Nombre del Proyecto:	Arquitectura de Sistema de Información		
Preparado por:	Jorge Stalin Calderón Bustamante	Versión No:	1.0
Título:	Arquitectura de Aplicaciones: Hoja de ruta	Fecha Versión:	28/12/16
Revisado por:		Fecha de Revisión:	

Lista de Distribución

Desde		Fecha	Teléfono/Fax/Email
Jorge Stalin Calderón Bustamante		28/12/2016	0986456083
A	Acción*	Fecha fin	Teléfono/Fax/Email
Armando Cabrera Silva (ACA)	En revisión		
Villie Morocho	En revisión		

* Acciones: Aprobado, En revisión, Informe, Archivo

Historia de Versiones del Documento

Número Versión	Fecha Versión	Revisado por	Descripción	Archivo
1.0		ACA	Creación del documento de Arquitectura de Aplicaciones: hoja de ruta.	ARQ_APP_ARQUITECTURA_ROADMAP_V_1.0
1.1		ACA	Ajuste a la hoja de ruta en base a los proyectos e iniciativas planteadas	ARQ_APP_ARQUITECTURA_ROADMAP_V_1.1

1. Propósito

El propósito del presente documento es proveer una hoja de ruta en un lapso de tiempo no menor a 4 o 5 años, y en donde se indique progresivamente el paso de la arquitectura actual hacia la arquitectura objetivo o deseada.

La hoja de ruta permite modelar arquitecturas de transición para un desarrollo incremental del nuevo modelo propuesto.

2. Lista de proyectos

Luego de realizado el análisis de brechas para la UTPL, enfocados en los procesos de Admisión y Matrícula, se ha podido identificar el portafolio de proyectos que se presenta en la Tabla A7.1.

Tabla A7.1. Listado de proyectos para la hoja de ruta de aplicaciones de la UTPL

Nombre del proyecto	Descripción	Beneficios	Prioridad
Diseño de una Arquitectura de Aplicaciones robusta	Diseñar una arquitectura de aplicaciones alineadas a los procesos del negocio y contemplando el modelo SMACIT (Social, Movilidad, Analítica, Cloud e Internet de las cosas)	Entrega de valor al negocio Usos de nuevas tecnologías Mejorar el servicio a los estudiantes	Alta
Data warehouse	Implementar un repositorio centralizado de datos para su explotación	Depuración de datos Disponibilidad de la información	Media
Integración de datos	Implementar esquemas de extracción, transformación y carga de datos.	Eliminar datos redundantes Sincronizar datos entre aplicativos	Media
APIs de integración	Diseñar e implementar APIs de integración basada en estándares (SOAP, REST)	Exponer la información de las aplicaciones de forma estandarizada Mejorar la interoperabilidad de las aplicaciones	Alta
Inteligencia de negocios	Implementar un sistema de inteligencia de negocios	Mejorar la toma de decisiones	Alta
Adoptar Sistema de Gestión Académica comercial	Evaluar y analizar la factibilidad de adoptar un sistema comercial para la gestión académica.	Disminuir esfuerzos en el mantenimiento del sistema actual que es un desarrollo a la medida. Enfocar los esfuerzos de TI en innovación educativa.	Media



Potenciar Móviles	Servicios	Ofrecer servicios de registro de admisión y matrícula a través de medios móviles como smartphones y tablets.	Ofrecer múltiples canales a los estudiantes. Mejorar la calidad del servicio.	Alta
Gestión de procesos de negocio		Implementar un BPM para el diseño, organización, visualización, documentación, optimización y control de los procesos del negocio.	Flexibilidad de adoptar cambios del negocio Monitoreo de la ejecución de los procesos	Alta
Bus de servicios empresarial		Implementar un ESB para la interoperabilidad de las aplicaciones.	Disminuir los esfuerzos de integración entre aplicaciones. Integrar aplicativos de diferente tecnología	Media
Gestión de TI		Implementar un modelo de Gestión de TI para un mejor aprovechamiento de los recursos	Mejorar el uso de la plataforma por parte de los usuarios	Alta
Potenciar servicios en la nube		Migrar sistemas críticos a la nube bajo el modelo SaaS (Software como servicio)	Mejor aprovechamiento de los recursos hardware. Personal de TI centrado en actividades que aporten valor a la institución	Alta

Fuente: El autor

3. Plan de migración

Para la migración al nuevo diseño arquitectónico propuesto para la UTPL, se ha establecido, en base a los proyectos de la Tabla 1, hoja de ruta de la Figura 1.

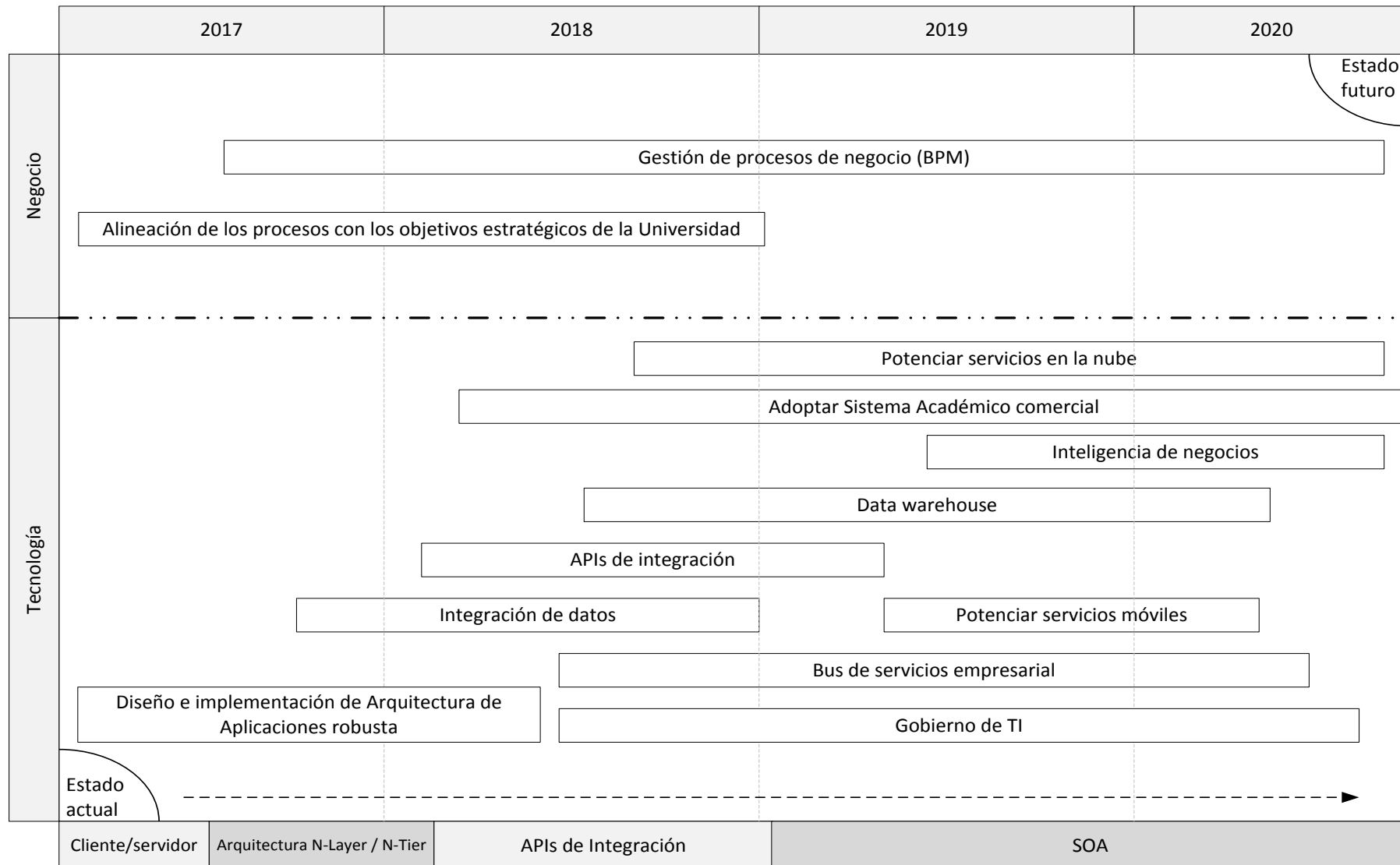


Figura 1. Hoja de ruta de Arquitectura de Aplicaciones de la UTPL
Fuente. El autor



4. Recomendaciones de implementación

Para la implementación del plan de migración se debe tener presente los siguientes aspectos o recomendaciones:

- Cada proyecto debe ser gestionado bajo los lineamientos metodológicos de una oficina de proyectos para su correcta ejecución.
- Identificar los riesgos de cada proyecto.
- Contar con un equipo capacitado y con proveedores tecnológicos que garanticen el cumplimiento de los objetivos de cada proyecto.
- Identificar los bloques de construcción de soluciones arquitectónicas que otorgan valor al negocio.



ANEXO 8. CATÁLOGOS: ARQUITECTURA DE APLICACIONES

Proyecto: Modelo de Referencia para la implementación de la Arquitectura de Sistemas de Información

Cliente: Universidad Técnica Particular de Loja

Versión 1.0

Diciembre 2016



Catálogo de Aplicaciones para soporte a los procesos Admisión/Matrícula

ID	Nombre	Descripción	Origen	Año operación	Tecnología
APP_001	Sistema de Gestión Académico	Sistema orientado al personal administrativo de la UTPL de atención a los estudiantes en los diferentes centros universitarios que soportan los procesos académicos (admisión, matriculación, seguimiento académico, reconocimientos de estudio)	Desarrollo UTPL	2012	Microsoft .NET
APP_002	Servicios Académicos en Línea	Portal orientado al estudiante para la inscripción en las carreras ofertadas por la universidad. También está destinado al público en general para poder registrarse con sus datos personales en la institución.	Desarrollo UTPL	2012	Microsoft .NET
APP_003	Sistema de Facturación Académico	Sistema orientado al personal administrativo de la UTPL de atención a los estudiantes en los diferentes centros universitarios para la facturación de los servicios académicos.	Desarrollo UTPL	2013	Microsoft .NET
APP_004	Portal de Pago en Línea	Portal destinado a los estudiantes para que puedan realizar el pago y el proceso de facturación de admisión y matrícula.	Desarrollo UTPL	2013	Microsoft .NET
APP_005	Sistema INFOR ERP LN	Sistema contable de la universidad. Se tiene operativo el módulo de gestión financiera de toda la institución. En este sistema se contabilizan todas las facturas y notas de crédito generadas del proceso de admisión/matriculación.	Comercial	2014	Propietario
APP_006	Entorno Virtual de Aprendizaje	Sistema LMS (Learning Management System) que permite soportar el proceso de enseñanza - aprendizaje entre docentes y estudiantes para las diferentes modalidades de estudio que oferta la universidad.	Comercial	2004	Moodle 1.9 Moodle 2.8
APP_007	Sistema de Gestión de Material Físico	Sistema que permite la descarga de material digital mediante el uso de la plataforma de Adobe	Desarrollo UTPL	2012	Oracle Forms
APP_008	Sistema de Gestión de Material Digital	Sistema de reserva y distribución de material bibliográfico	Comercial	2004	Android HTML5
APP_009	Portal de Postulaciones (Postgrados)	Portal que permite el registro de datos personales y envío de documentación por parte de las personas que desean aplicar a una maestría ofertada por la universidad	Desarrollo UTPL	2015	PHP
APP_010	Sistema de Biblioteca	Sistema de gestión de biblioteca y buscador de libros	Comercial	2012	Microsoft .NET



APP_011	Sistema de registro QR	Sistema que permite el control de asistencia de los docentes a las clases de la modalidad de estudios presencial	Desarrollo UTPL	2014	Java
APP_012	Sistema Planes Docente	Sistema que permite el ingreso de los planes docente de cada uno de los componentes educativos ofertados en las diferentes carreras.	Desarrollo UTPL	2014	Java
APP_013	Sistema Carnetización (RADE)	Sistema para generar credenciales únicas de acceso para docentes y estudiantes	Comercial	2015	Propietario
APP_014	Trámites Académicos	Sistema que permite a los estudiantes realizar el registro y seguimiento de trámites académicos	Desarrollo UTPL	2014	Microsoft Sharepoint
APP_015	Ventanilla Electrónica	Aplicación que permite la emisión directa de certificados al estudiante instalados en kioscos de autoservicios	Desarrollo UTPL	2015	Microsoft .NET
APP_016	Gestor Documental	Repositorio documental de la UTPL. Se digitalizan y almacenan las carpetas de los estudiantes y normativa universitaria	Desarrollo UTPL	2015	Microsoft Sharepoint
APP_017	Aplicativo Móvil	Aplicación desarrollada en Android/iOS que brinda diferentes funcionalidades a los estudiantes que han realizado su matrícula en la Universidad	Desarrollo UTPL	2015	Android iOS
APP_018	Servicios de Recaudaciones en Línea	Servicios Web que permiten la integración con Instituciones financieras para realizar las recaudaciones por conceptos de matrícula y demás rubros académicos	Desarrollo UTPL	2005	Microsoft .NET
APP_019	Sistemas de las Instituciones Financieras	Sistemas de las Instituciones Financieras (Bancos) que han desarrollado la opción de pago en línea con la UTPL.	Externo	2005	Propietario
APP_020	Operational Decision Manager	Sistema de Gestión de reglas de negocio. Actualmente existen configuradas reglas de índole financiero y académico	Comercial	2016	Java (IBM)

Catálogo de Interfaces entre Aplicaciones

ID	Nombre	Tipo	Origen	Destino	Operación
INT_001	Interfaz 1	Web Service SOAP	Trámites Académicos	Sistema de Gestión Académico	Lectura
INT_002	Interfaz 2	Web Service SOAP	Sistema Planes Docente	Sistema de Gestión Académico	Lectura
INT_003	Interfaz 3	Web Service SOAP	Ventanilla Electrónica	Sistema de Gestión Académico	Lectura
INT_004	Interfaz 4	Web Service SOAP	Sistema de Gestión de Material Digital	Sistema de Gestión Académico	Lectura/Escritura



INT_005	Interfaz 5	DBLink - Vista de base de datos	Sistema de Gestión de Material Físico	Sistema de Gestión Académico	Lectura
INT_006	Interfaz 6	Web Service SOAP	Sistema de registro QR	Sistema de Gestión Académico	Lectura
INT_007	Interfaz 7	Web Service REST	Sistema de Gestión Académico	Operational Decision Manager	Lectura
INT_008	Interfaz 8	Web Service SOAP	Gestor Documental	Sistema de Gestión Académico	Lectura
INT_009	Interfaz 9	Web Service SOAP	Entorno Virtual de Aprendizaje	Sistema de Gestión Académico	Lectura/Escritura
INT_010	Interfaz 10	Web Service SOAP	Sistema de Gestión Académico	Entorno Virtual de Aprendizaje	Lectura/Escritura
INT_011	Interfaz 11	Web Service REST	Aplicativo Móvil	Sistema de Gestión Académico	Lectura
INT_012	Interfaz 12	DBLink - Vista de base de datos	Sistema Carnetización	Sistema de Gestión Académico	Lectura
INT_013	Interfaz 13	DBLink - Vista de base de datos	Sistema de Biblioteca	Sistema de Gestión Académico	Lectura
INT_014	Interfaz 14	DBLink - Procedimiento almacenado	Portal de Pago en Línea	Sistema de Gestión Académico	Lectura/Escritura
INT_015	Interfaz 15	DBLink - Procedimiento almacenado	Sistema de Facturación Académico	Sistema de Gestión Académico	Lectura/Escritura
INT_016	Interfaz 16	DBLink - Tablas temporales	Portal de Pago en Línea	INFOR ERP LN	Lectura/Escritura
INT_017	Interfaz 17	DBLink - Tablas temporales	Sistema de Facturación Académico	INFOR ERP LN	Lectura/Escritura
INT_018	Interfaz 18	DBLink - Procedimiento almacenado	Portal de Pago en Línea	Servicios Académicos en Línea	Lectura/Escritura
INT_019	Interfaz 19	DBLink - Procedimiento almacenado	Sistema de Facturación Académico	Servicios Académicos en Línea	Lectura/Escritura
INT_020	Interfaz 20	Web Service SOAP	Sistemas de las Instituciones Financieras	Servicios de Recaudaciones en Línea	Lectura/Escritura
INT_021	Interfaz 21	Web Service REST	Sistema de Facturación Académico	Operational Decision Manager	Lectura
INT_022	Interfaz 22	Web Service REST	Portal de Pago en Línea	Operational Decision Manager	Lectura



Catálogo de Entidades de los procesos Admisión/Matrícula

ID	Nombre	Descripción	Categoría	Responsable	Base de datos
ENT_001	Estudiante	Es la persona que accede a estudiar en la Universidad ya sea una carrera de pregrado o postgrado	Académico	Vicerrectorado Académico	Oracle
ENT_002	Modalidad de estudios	Se refiere a la forma de estudios de la carrera universitaria: presencial o a distancia	Académico	Vicerrectorado Académico	Oracle
ENT_003	Nivel académico	Se refiere al nivel de estudios (tercer nivel, cuarto nivel) definidos en la institución como pregrado y postgrado	Académico	Vicerrectorado Académico	Oracle
ENT_004	Periodo Académico	Es el periodo de tiempo definido para la división de una carrera universitaria, para pregrado el tiempo es un semestre y para postgrado es de 2 años.	Académico	Vicerrectorado Académico	Oracle
ENT_005	Programa Académico	Es la Titulación o Carrera ofertadas por la institución	Académico	Vicerrectorado Académico	Oracle
ENT_006	Componente Educativo	Es la asignatura que conforman en conjunto la malla de estudios de un programa académico o titulación	Académico	Vicerrectorado Académico	Oracle
ENT_007	Centro Universitario	Se refiere a las diferentes sedes que mantiene la universidad a nivel nacional e internacional	Académico	Vicerrectorado Académico	Oracle
ENT_008	Paralelo	Se refiere a la agrupación de un determinado número de estudiantes. Puede existir uno o más por componente educativo	Académico	Vicerrectorado Académico	Oracle
ENT_009	Horario	Consiste en el horario de clases establecido para los componentes educativos en la modalidad de estudios presencial	Académico	Vicerrectorado Académico	Oracle
ENT_010	Requisitos	Se refiere al listado de documentos solicitados a los estudiantes para legalizar su matrícula en la universidad	Académico	Vicerrectorado Académico	Oracle
ENT_011	Material Bibliográfico	Es el material de estudio que se entrega al estudiante para sus estudios. Puede ser físico o digital	Administrativo	Vicerrectorado Académico	Oracle
ENT_012	Docente	Es la persona encargada de guiar el estudio de uno o más componentes educativos en el cual están inscritos los estudiantes	Académico	Recursos Humanos	Oracle
ENT_013	Aula	Es el espacio físico definido para dictar clases por parte de los profesores en la modalidad de estudios presencial	Administrativo	Vicerrectorado Académico	Oracle
ENT_014	Agente de servicio	Es la persona encargada de la atención a los estudiantes en los diferentes centros universitarios	Administrativo	Recursos Humanos	Oracle



ENT_015	Factura	Es la cuenta en la que se detalla los productos o servicios académicos ofrecidos a los estudiantes y por los cuales debe pagar	Financiero	Dirección Financiera	Oracle
ENT_016	Recaudación	Es el dinero pagado por los estudiantes para realizar su admisión o matrícula en la universidad	Financiero	Dirección Financiera	Oracle
ENT_017	Deuda	Es el monto adeuda por los estudiantes a la universidad por concepto de cuotas de matrícula o por rubros académicos solicitados con crédito universitario	Financiero	Dirección Financiera	Oracle



ANEXO 9. DIAGRAMAS: ARQUITECTURA DE APLICACIONES

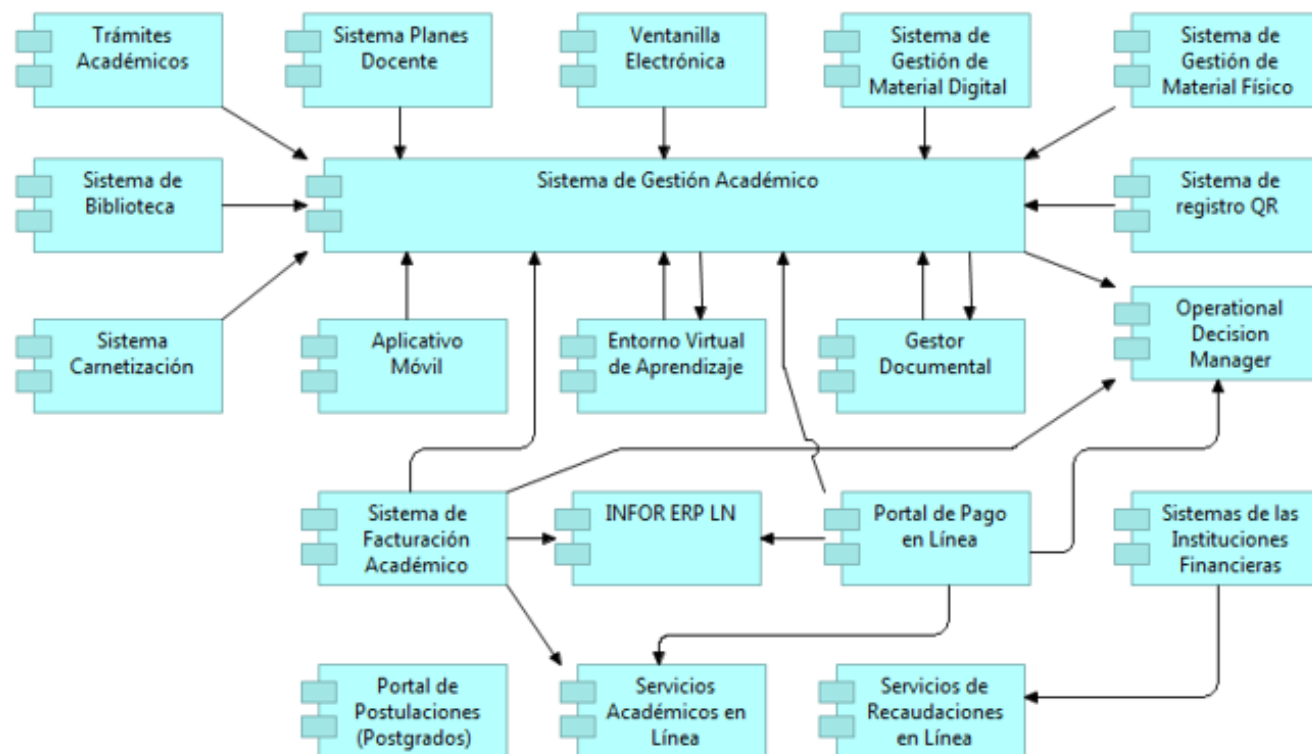
Proyecto: Modelo de Referencia para la implementación de la Arquitectura de Sistemas de Información

Cliente: Universidad Técnica Particular de Loja

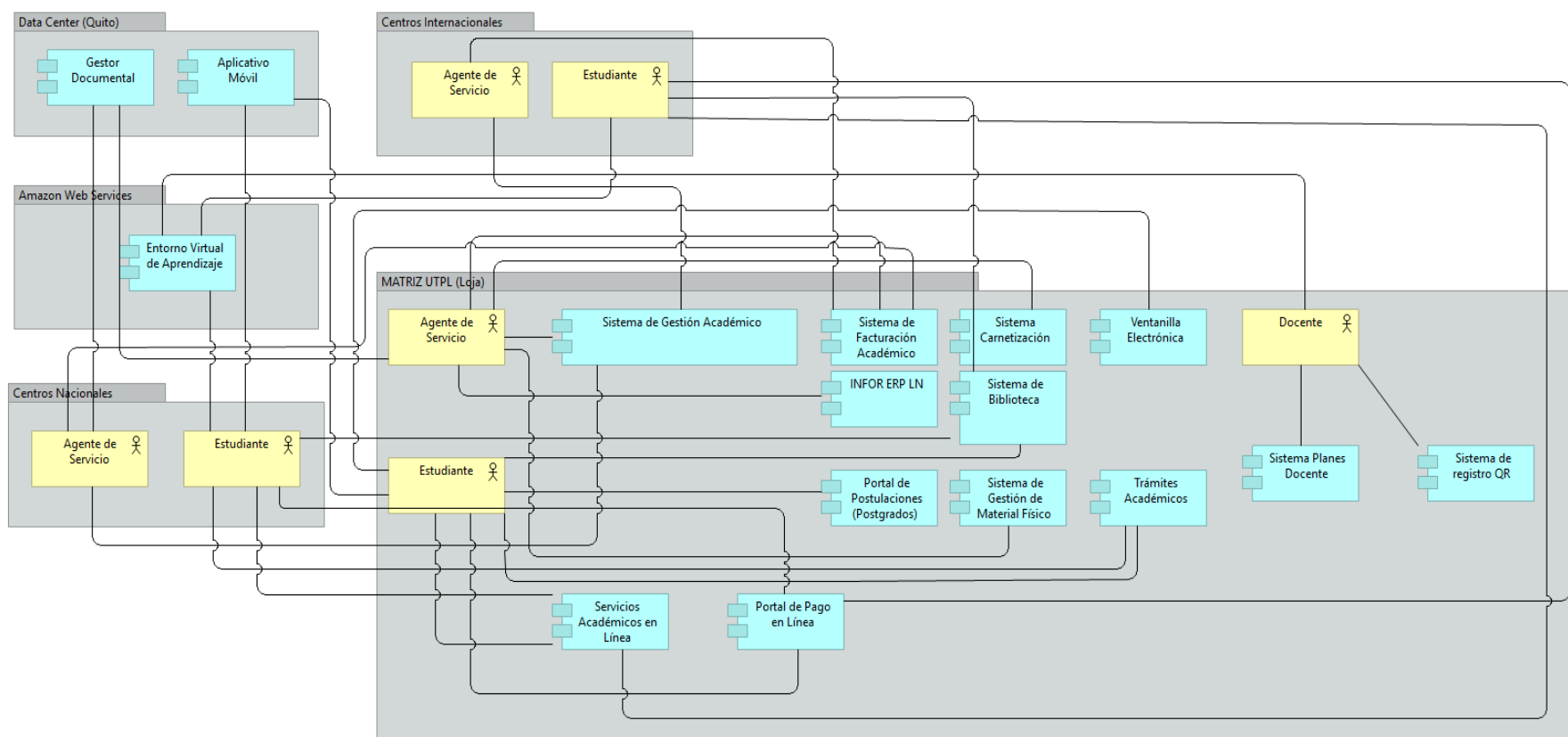
Versión 1.0

Diciembre 2016

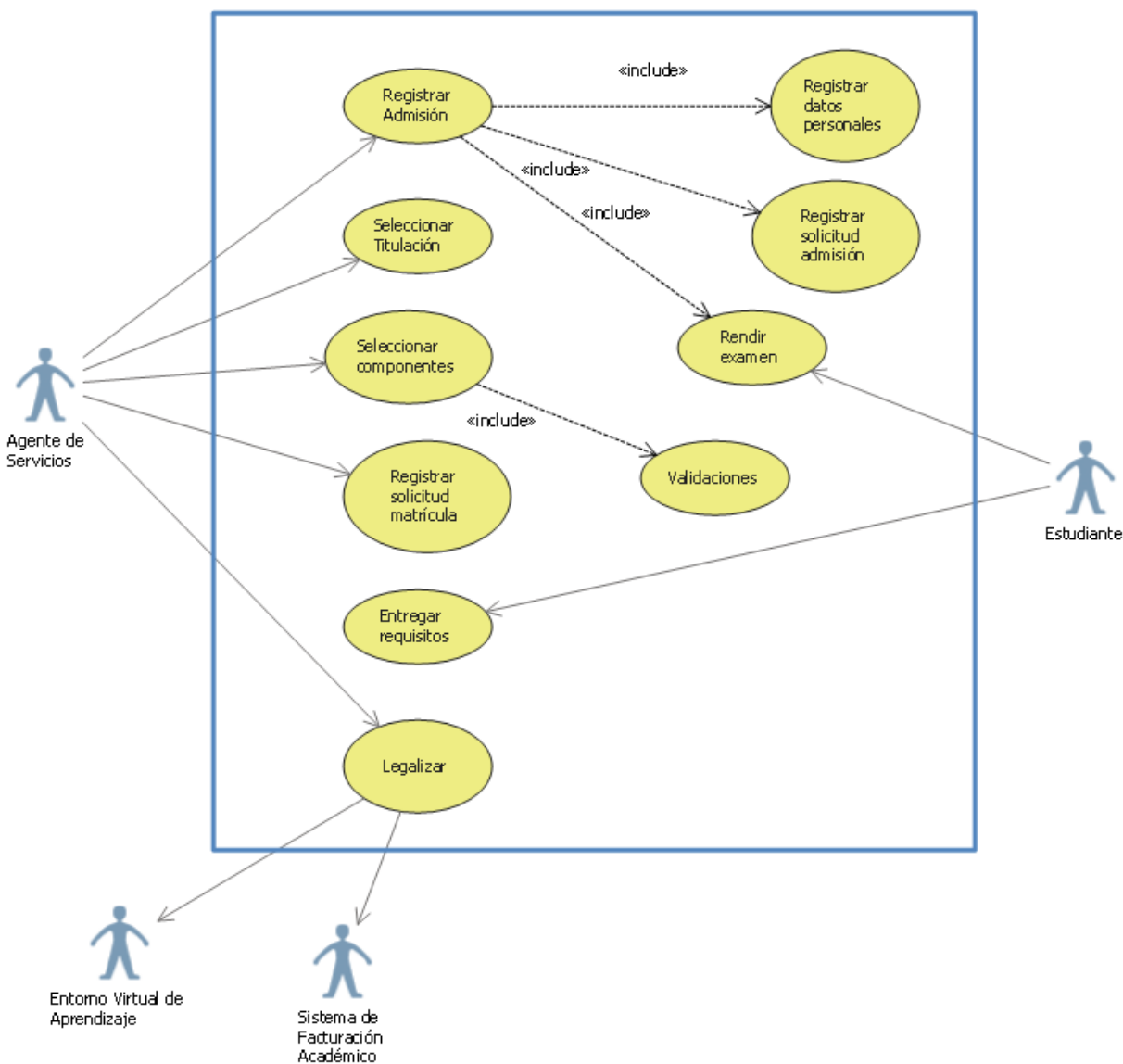
Comunicación de Aplicaciones



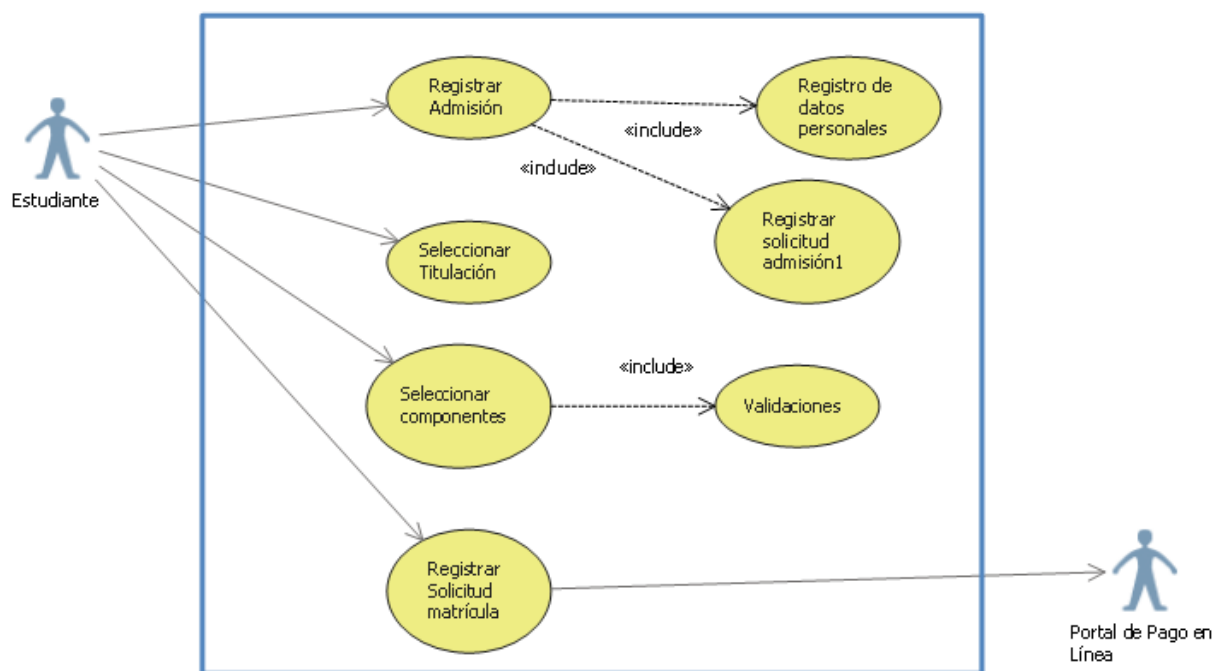
Localización de usuarios y aplicaciones



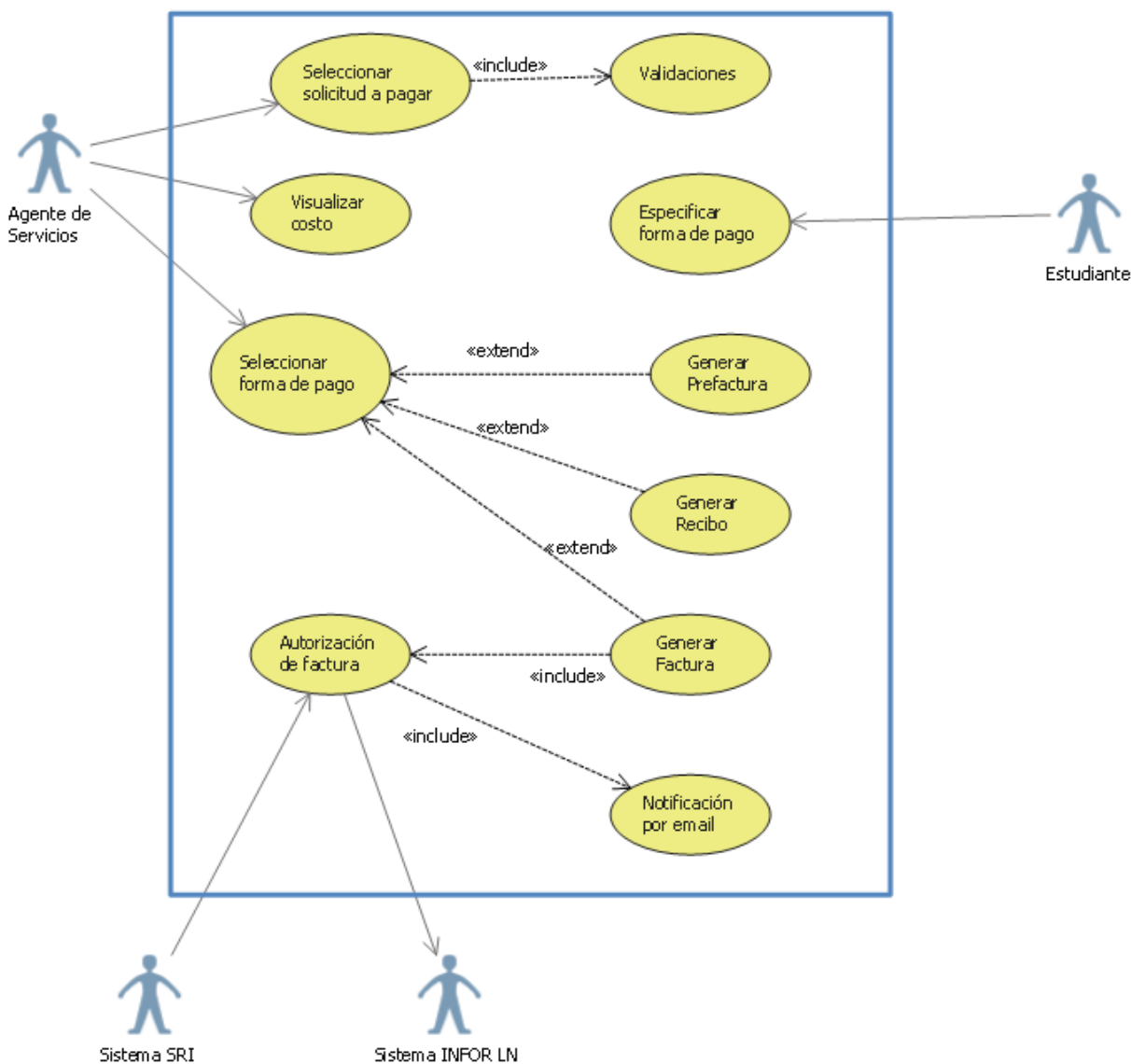
Casos de uso: Sistema de Gestión Académico



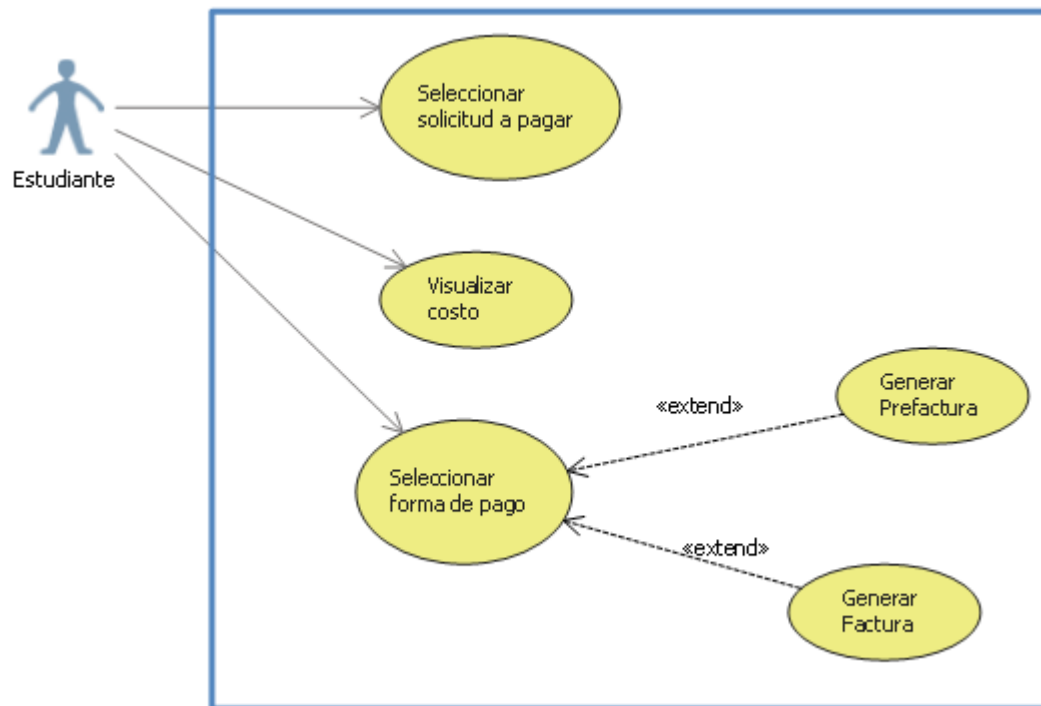
Casos de uso: Servicios Académicos en Línea



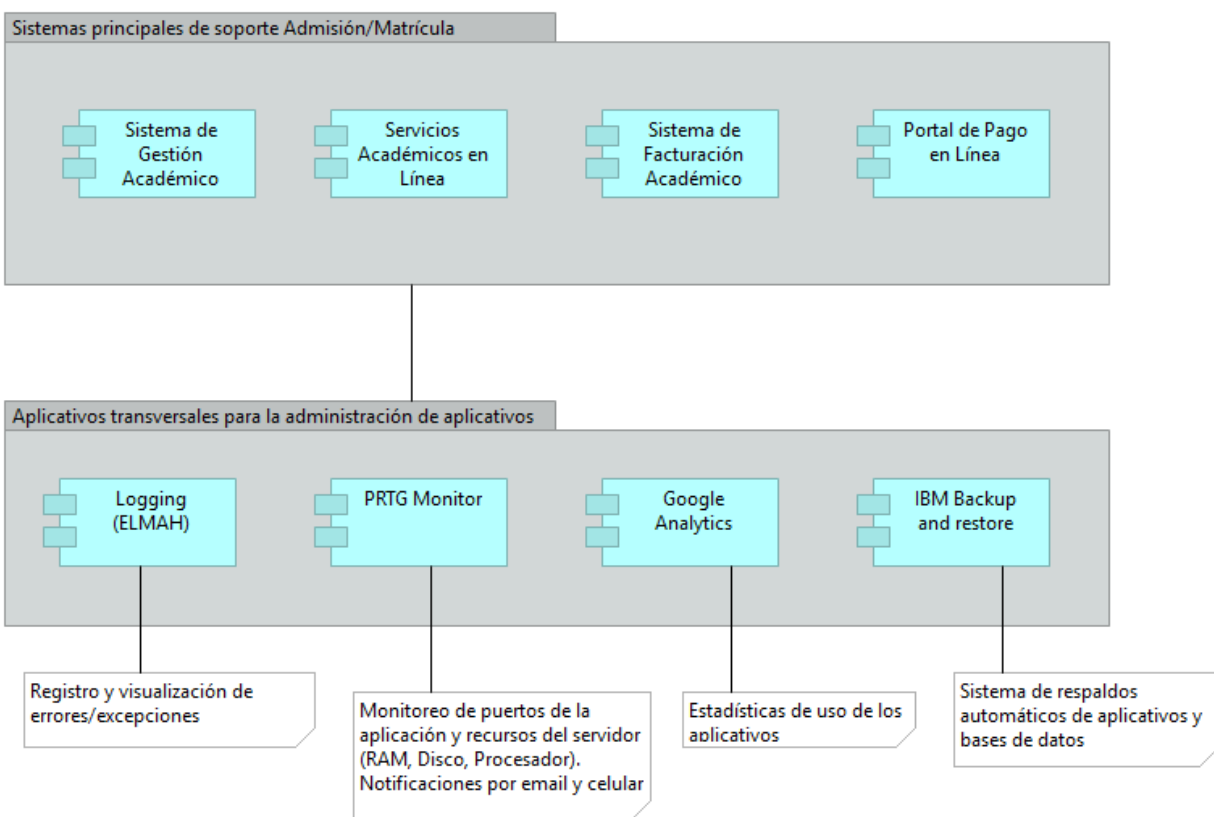
Casos de uso: Sistema de Facturación Académico



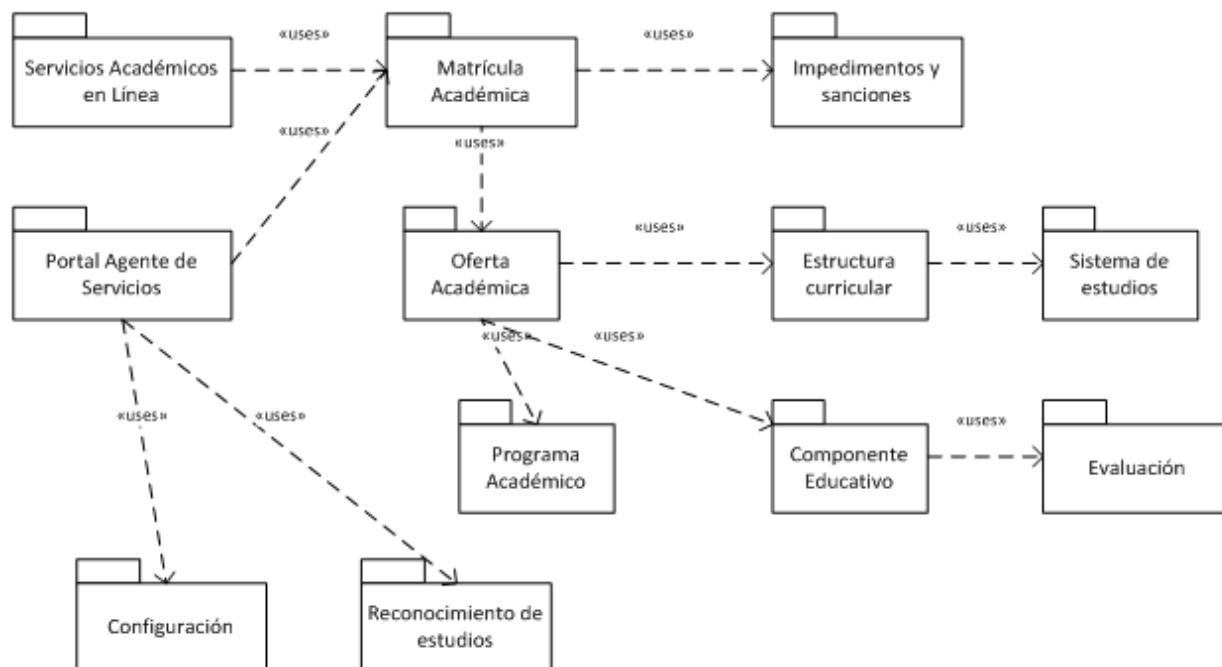
Casos de uso: Portal de Pago en Línea



Administración de Aplicaciones



Ingeniería de Software. Sistema de Gestión Académico



Ingeniería de Software: Sistema de Facturación Académico

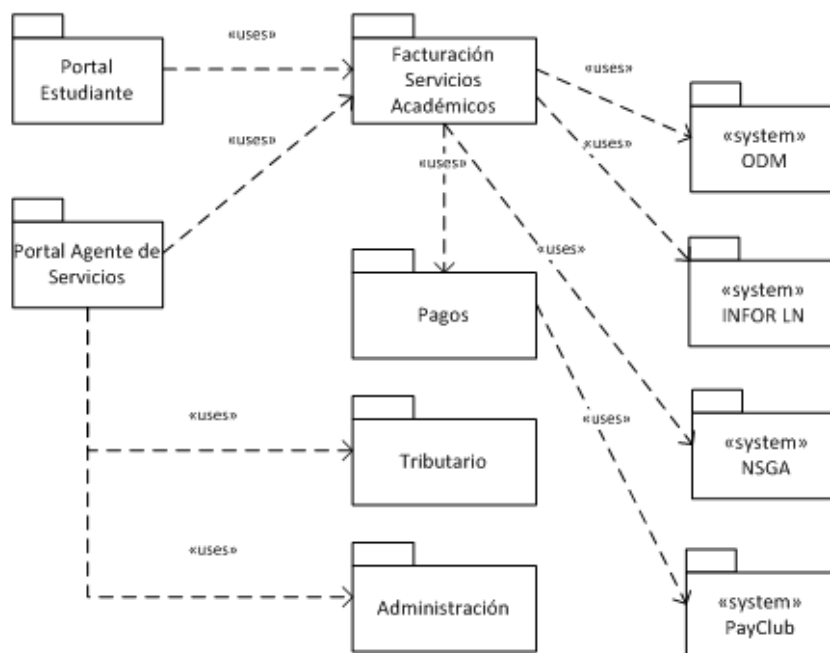
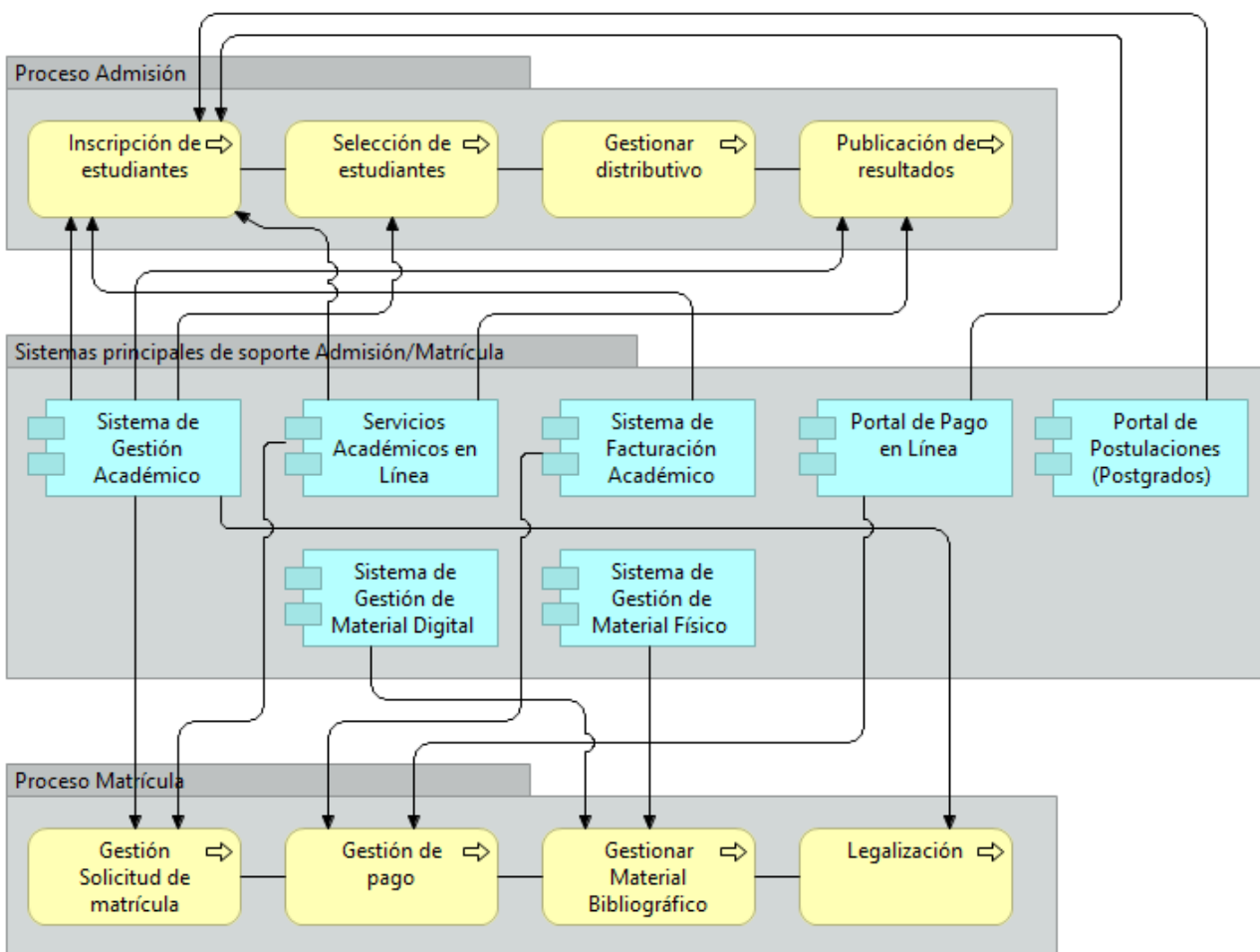


Diagrama de procesos y aplicaciones





ANEXO 10. MATRICES: ARQUITECTURA DE APLICACIONES

Proyecto: Modelo de referencia para la implementación de la Arquitectura de Sistemas de Información

Cliente: Universidad Técnica Particular de Loja

Versión 1.0

Diciembre 2016



Matriz Aplicación vs Organización

	Rectorado	Vicerrectorado Administrativo	Vicerrectorado Académico	Vicerrectorado Modalidad Abierta y a Distancia	Vicerrectorado Investigación	Procuraduría Universitaria	Secretaría General	Gerencia Financiera	Gerencia Control Presupuestario	Gerencia Administrativa	Gerencia Infraestructura Física	Gerencia de Marketing	Gerencia de Servicios Estudiantiles	Gerencia de TI	Gerencia de Planificación	Gerencia de Procesos	Gerencia de Control e Indicadores	Gerencia de Administración y Talento humano	Gerencia de Relaciones Laborales	Gerencia de Desarrollo Organizacional	Gerencia de Salud, Seguridad y Ambiente
Sistema de Gestión Académico			X	X			X					X	X	X	X	X	X				
Servicios Académicos en Línea			X	X								X	X	X	X	X	X				
Sistema de Facturación Académico				X				X	X			X	X	X	X	X	X				
Portal de Pago en Línea				X				X	X			X	X	X	X	X	X				
Sistema INFOR ERP LN								X	X					X		X					
Entorno Virtual de Aprendizaje			X	X										X	X	X	X				
Sistema de Gestión de Material Físico			X	X				X						X	X	X	X				
Sistema de Gestión de Material Digital			X	X				X						X	X	X	X				
Portal de Postulaciones (Postgrados)			X	X				X						X	X	X	X				
Sistema de Biblioteca			X																		
Sistema de registro QR			X		X																



Sistema Planes Docente			X	X	X															
Sistema Carnetización (RADE)			X											X						
Trámites Académicos			X	X										X	X	X	X			
Ventanilla Electrónica			X	X										X	X	X	X			
Gestor Documental			X	X										X	X	X				
Aplicativo Móvil														X	X		X			
Servicios de Recaudaciones en Línea							X							X			X			
Sistemas de las Instituciones Financieras							X													
Operational Decision Manager							X							X						

x → es utilizado por

Matriz Aplicación vs Función

	Gestión de currículo	Gestión de admisión	Gestión de matrícula	Gestión de políticas de admisión y matrícula	Innovación académica	Capacitación docente	Graduación grado y postgrado	Evaluación y acreditación
Sistema de Gestión Académico	X	X	X	X			X	X
Servicios Académicos en Línea		X	X					
Sistema de Facturación Académico		X	X					
Portal de Pago en Línea		X	X					
Sistema INFOR ERP LN				X				



Entorno Virtual de Aprendizaje					X	X		
Sistema de Gestión de Material Físico				X				
Sistema de Gestión de Material Digital				X	X			
Portal de Postulaciones (Postgrados)	X	X		X				
Sistema de Biblioteca						X		X
Sistema de registro QR								X
Sistema Planes Docente								X
Sistema Carnetización					X			
Trámites Académicos					X			
Ventanilla Electrónica					X			
Gestor Documental					X			
Aplicativo Móvil					X			
Servicios de Recaudaciones en Línea		X	X					
Sistemas de las Instituciones Financieras		X	X					
Operational Decision Manager				X	X			

$x \rightarrow$ ejecuta la función

Matriz Aplicación vs Entidad

	Estudiante	Modalidad de estudios	Nivel académico	Periodo Académico	Programa Académico	Componente Educativo	Centro Universitario	Paralelo	Horario	Requisitos	Material Bibliográfico	Docente	Aula	Agente de servicio	Factura	Recaudación	Deuda
Sistema de Gestión Académico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X			
Servicios Académicos en Línea	X																
Sistema de Facturación Académico	X													X	X	X	X
Portal de Pago en Línea	X														X	X	X
Sistema INFOR ERP LN	X			X								X		X	X	X	X
Entorno Virtual de Aprendizaje				X	X	X		X				X					
Sistema de Gestión de Material Físico											X						
Sistema de Gestión de Material Digital											X						
Portal de Postulaciones (Postgrados)	X	X	X	X	X	X	X										
Sistema de Biblioteca	X																
Sistema de registro QR								X	X				X				
Sistema Planes Docente						X						X					
Sistema Carnetización																	
Trámites Académicos																	
Ventanilla Electrónica																	
Gestor Documental																	



Aplicativo Móvil																		
Servicios de Recaudaciones en Línea																		
Sistemas de las Instituciones Financieras																		
Operational Decision Manager																		

x → *gestiona la entidad*

Matriz Interacción de Aplicaciones

	Sistema de Gestión Académico	Servicios Académicos en Línea	Sistema de Facturación Académico	Portal de Pago en Línea	Sistema INFOR ERP LN	Entorno Virtual de Aprendizaje	Sistema de Gestión de Material Físico	Sistema de Gestión de Material Digital	Portal de Postulaciones (Postgrados)	Sistema de Biblioteca	Sistema de registro QR	Sistema Planes Docente	Sistema Carnetización (RADE)	Trámites Académicos	Ventanilla Electrónica	Gestor Documental	Aplicativo Móvil	Servicios de Recaudaciones en Línea	Sistemas de las Instituciones Financieras	Operational Decision Manager
Sistema de Gestión Académico			x	x		x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x			x
Servicios Académicos en Línea	x		x	x		x	x	x									x			x
Sistema de Facturación Académico	x	x			x				x					x			x	x		x
Portal de Pago en Línea	x	x			x				x									x		x
Sistema INFOR ERP LN			x	x			x													
Entorno Virtual de Aprendizaje	x	x								x										
Sistema de Gestión de Material Físico	x	x			x															
Sistema de Gestión de Material Digital	x	x																		



Portal de Postulaciones (Postgrados)																			
Sistema de Biblioteca	X					X													
Sistema de registro QR	X																		
Sistema Planes Docente	X																		
Sistema Carnetización (RADE)	X																		
Trámites Académicos	X		X																
Ventanilla Electrónica	X																		
Gestor Documental	X																		
Aplicativo Móvil	X	X																	
Servicios de Recaudaciones en Línea																		X	
Sistemas de las Instituciones Financieras																	X		
Operational Decision Manager	X	X	X	X															

x → se comunica con



Matriz Aplicación vs Rol

	Rector	Vicerrector	Vicerrector Académico	Vicerrector Modalidad	Vicerrector	Procurador General	Secretario General	Directores Generales	Directores de área	Gerentes de área	Coordinadores de	Responsables de	Secretarías líderes	Secretarías de	Docentes	Estudiante	Gerente Financiera	Gerente Control	Gerente	Gerente	Gerente de Marketing	Asistentes financieros	Gestores operativos y	Relacionadores	Gerente de Servicios	Gerente de TI	Gerente de	Agentes de Balcón de	Analistas de Negocios	Técnicos/Desarrollado	Asistentes de	Gerente de Procesos	Gerente Control e	Analistas de procesos	Gerente de	Gerente de Relaciones	Gerente de Desarrollo	Gerente de Salud,	Asesores de recursos		
Sistema de Gestión Académico			X	X			X			X			X	X	X							X	X		X	X		X	X	X	X				X						
Servicios Académicos en Línea																X							X		X			X	X	X											
Sistema de Facturación Académico		X															X	X							X			X	X	X				X							
Portal de Pago en Línea																X							X		X			X	X	X				X							
Sistema INFOR ERP LN		X															X	X							X					X											
Entorno Virtual de Aprendizaje			X	X											X	X							X					X													
Sistema de			X	X													X								X			X	X	X											



Ing. Jorge Stalin Calderón B.



$x \rightarrow$ es <i>utilizado por</i>
--